

KDS 24 90 11 : 2016

교량 기타시설설계기준 (한계상태설계법)

2016년 6월 30일 제정
<http://www.kcsc.re.kr>



국토교통부

건설기준 제·개정에 따른 경과 조치

이 기준은 발간 시점부터 사용하며, 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

건설기준 제·개정 연혁

- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준(설계기준, 표준시방서) 간 중복·상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준은 기존의 도로교설계기준의 교량 기타시설(한계상태설계법)에 해당되는 부분을 통합 정비하여 기준으로 제정한 것으로 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요내용	제·개정 (년.월)
도로교 설계기준 (한계상태설계법)	• 도로교 설계기준(한계상태설계법) 제정. 신뢰도 기반의 설계기준	제정 (2011.12)
도로교 설계기준 (한계상태설계법)	• 장경간 케이블 교량의 특수성을 고려한 한계상태설계법 기반 기준 추가	개정 (2015.1)
KDS 24 90 11 : 2016	• 건설기준 코드체계 전환에 따라 코드화로 통합 정비함	제정 (2016.6)
KDS 24 90 11 : 2016	• 한국산업표준과 건설기준 부합화에 따라 수정함	수정 (2018.7)

제 정 : 2016년 6월 30일

개 정 : 년 월 일

심 의 : 중앙건설기술심의위원회

자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

소관부서 : 국토교통부 간선도로과

관련단체 (작성기관) : 한국도로협회(한국교량및구조공학회)

목 차

1. 일반사항	1
1.1 적용범위	1
1.2 용어정의	1
1.3 기호정의	5
2. 조사 및 계획	9
3. 재료	9
4. 설계	10
4.1 신축이음	10
4.2 받침	15
4.3 적층고무형 지진격리받침	45
4.4 방호울타리	49

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

1. 일반사항

1.1 적용범위

- (1) 이 기준은 교량의 신축이음과 받침, 지진격리받침의 설계 및 선정에 관한 요구사항을 기술하고 있다.
- (2) 이 기준에서 사용하는 단위는 별도의 언급이 없는 한 MPa, mm, rad, °C를 사용한다.

1.2 용어정의

1.2.1 신축이음관련 용어

- 개방형 신축이음: 신축이음을 통해 물이나 불순물의 침투를 허용하는 신축이음
- 교축방향 축에 대한 회전: 교량의 주경간에 평행한 축에 대한 회전
- 교축직각방향 축에 대한 회전: 교량의 교축직각방향에 평행한 축에 대한 회전
- 교축방향 신축이음: 바닥판이나 상부구조를 두개의 독립 구조계로 분리하기 위해서 경간 방향으로 평행하게 설치되는 신축이음
- 구속장치: 상부구조들 또는 상부구조와 하부구조 사이에 설치되어 느리게 발생하는 온도 신축은 허용하면서 지진 또는 기타 동적으로 발생하는 하중을 전달하는 장치
- 밀폐형 신축이음: 신축이음을 통해 오물이 들어가는 것을 완전히 방지한 신축이음
- 방수형 신축이음: 구조물로의 누수를 방지하기 위해 신축이음 아래에 물받이를 설치해 놓은 개방형 또는 밀폐형 신축이음
- 반복-제어 신축이음: 일체식 교량에서 접속 슬래브(approach slab)와 교량과의 반복적인 교축방향 이동을 흡수하기 위해 설치되는 교축직각방향 접속 슬래브 신축이음
- 봉합재: 습기 및 불순물이 신축이음을 통과하는 것을 방지하도록 설치되는 고무 또는 기타 탄성재
- 봉합재형 신축이음: 봉합재(seal)를 가지고 있는 신축이음
- 시공이음: 단계별 순차적인 시공을 위해 사용되고 있는 임시 이음
- 일체식교량: 상부구조와 하부구조가 일체로 되어 있는 교량
- 이음: 두 부재사이의 구조적 불연속점
- 이동: 교량의 교축방향이나 교축직각방향의 수평변위

1.2.2 받침관련 용어

- 검사(inspection): 정기적인 관찰, 기록, 보고의 작업
- 경질 크롬면(hard chromium surface): 경질 크롬 층으로 도금된 강재의 지지 요소
- 교체(replacement): 받침의 주요 부품 또는 받침 전체에 대한 갱신
- 누적이동거리(accumulated slide path): 변동 회전에 의해 발생하는 상대 이동의 합
- 내부 봉합링(internal seal): 압축을 받고 있는 탄성중합체가 피스톤과 포트 사이로 돌출하는 것을 방지하기 위한 포트받침의 구성요소
- 마찰계수(coefficient of friction): 수평하중(저항 하중 F_x)과 수직하중(F_z)의 비
- 미끄럼 탄성받침(sliding elastomeric bearing): 일방향 또는 이방향으로 수평 이동을 수용하기 위하여 미끄럼 요소와 결합된 탄성받침
- 미끄럼 판(sliding plate): 받침이 미끄럼 요소와 결합될 때 받침의 상부 미끄럼 표면과 접촉하는 구성 요소
- 미끄럼 포트받침(sliding pot bearing): 일방향 또는 모든 방향으로의 수평 이동을 수용하기 위하여 미끄럼 요소와 결합된 포트받침
- 받침(bearings): 상부구조의 하중을 하부구조로 전달시키고, 하중·회전·크리프·건조수축·온도변화 등에 의한 상부구조의 이동을 가능하게 하는 부속시설
- 받침시스템(bearing system): 상부 구조의 이동 및 하중전달을 제공하는 받침의 조합 시스템
- 배치(batch): 동일한 생산설비로 동일한 부품 생산에 사용되는 탄성중합체 각각의 배합 또는 배합의 혼합물
- 보수(servicing): 청소, 기름칠, 페인팅 및 사소한 결점에 대한 복구
- 복합 재료(composite material): 가이드에 사용되는 미끄럼 재료
- 스트립받침(strip bearing): 받침의 길이가 너비의 최소 10배인 평패드받침
- 미끄럼면(sliding surface): 상대변위를 수용하기 위하여 이종 재료로 이루어진 한 쌍의 평면 또는 곡면의 조합
- 미끄럼재(sliding materials): 미끄럼면을 형성하는 재료
- 유도장치(guide): 미끄럼 받침에서 특정 축에 대해 구속하는 요소
- 유지관리(maintenance): 보수 및 교체작업
- 윤활제(lubricant): 고무패드와 금속 사이의 마찰력을 감소시킴으로써 마모현상 뿐만 아니라 회전강성을 감소시키는 그리스
- 외부 봉합재(external seal): 피스톤과 포트의 유격으로 인한 수분과 먼지 침투를 방지하는 포

트받침의 구성요소

- 적층받침(laminated bearing): 하나 이상의 강판이 고무와 화학적으로 결합하여 내부적으로 보강된 탄성받침
- 접촉면(mating surface): 복합 재료가 미끄러지는 단단하고 매끄러운 금속 표면
- 정기검사(regular inspection): 측정 작업 없는 정밀 육안검사
- 주요검사(principle inspection): 정기 검사와 유사하나 보다 세부적이며 정밀 측정 작업을 포함함
- 지점(support): 상대 이동 및 구조부재로 하중전달을 위한 받침을 포함하는 모든 가설조치
- 지지판(backing plate): 미끄럼 재료를 지탱하는 받침의 구성요소
- 평패드받침(plain pad bearing): 탄성중합체 내부에 이종 재료가 없고 일체로 경화된 탄성받침
- 포트(pot): 내부 공간에 탄성패드, 피스톤, 내부 봉합링을 수용할 수 있는 포트받침의 구성요소
- 포트받침(pot bearing): 포트에 밀폐된 탄성패드가 피스톤 하중과 회전운동을 수용할 수 있는 받침
- 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene, PTFE): 열가소성으로서 낮은 마찰계수를 갖는 재료
- 피스톤(piston): 탄성패드에 압력을 가하여 하중을 전달하는 포트받침의 구성요소
- 탄성받침(elastomeric bearing): 한 개 이상의 강판으로 보강되어 경화된 탄성중합체 블록으로 이루어진 받침
- 탄성중합체(elastomer): 압력을 가했을 때 변형이 발생하지만 압력을 제거하면 초기의 형상과 크기로 복원되는 고분자 물질
- 탄성패드(elastomeric pad): 받침에 회전성능을 제공하는 포트받침의 구성요소

1.2.3 지진격리받침관련 용어

- 고감쇠고무지진격리받침(high-damping rubber bearing, HDR): 고무의 조성을 조절하고 첨가물을 사용하여 상대적으로 큰 감쇠비를 갖도록 제작된 지진격리받침
- 공칭 압축응력: 장기적으로 지진격리받침에 가해지는 압축응력으로서 안전율을 감안하여 제조사가 추천하는 값
- 구조 기술자: 교량 구조의 지진격리설계에 대한 책임을 맡고 있고 지진격리받침의 요구 사항들을 지정할 책임이 있는 사람
- 극한특성(ultimate properties): 압축하중과 전단하중을 재하 하였을 때 좌굴(buckling), 파단(breaking) 혹은 빠져나옴(롤아웃, roll-out) 등이 발생하는 지점에서의 지진격리받침의 특성

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

- 극한 특성 다이어그램(UPD: Ultimate Property Diagram): 지진격리받침에 있어서 압축응력과 좌굴 혹은 파괴 시의 전단변형률의 상관관계를 나타내는 곡선
- 납삽입지진격리받침(LRB: Lead Rubber Bearing): 납봉을 탄성중합체 블록에 삽입하여 납의 전단변형이 감쇠효과를 나타내도록 제작된 지진격리받침
- 내부 고무: 지진격리받침의 보강철판 사이에 있는 고무층
- 덮개 고무: 보강철판과 고무층을 번갈아 적층한 지진격리받침에 있어서 보강철판의 부식을 방지하고 산화작용, 자외선 기타 자연 상태의 열화 요인으로부터 내부 고무층을 보호할 목적으로 가황처리 이전에 내부 고무와 보강철판을 바깥쪽에서 둘러싸는 고무
- 빠져 나옴 : 맞춤못(dowel 또는 recess)으로 연결된 지진격리받침이 전단 변위를 받아 불안정해진 상태
- 선형천연고무받침(LNR: Linear Natural Rubber bearing): 전단하중과 전단변형의 관계가 선형적 특성을 가지고 있고, 감쇠비가 상대적으로 작은 지진격리받침으로서 천연고무를 재료로 제작됨.
- 설계 압축 하중: 구조물에 의해 지진격리받침에 장기적으로 가해지는 압축 하중
- 압축-전단 시험 기계: 지진격리받침에 일정한 압축하중을 유지하는 상태에서 전단 하중을 가함으로써 지진격리받침을 시험하는 설비
- 유효 재하 면적: 지진격리받침에서 수직 하중을 버티는 면적으로서 보강철판의 면적과 동일
- 유효폭: 사각형 지진격리받침에서 내부 고무의 짧은 변 길이를 의미하며 이 방향으로의 전단 변형이 구속되지 않음.
- 정기 시험(Routine test): 지진격리받침의 생산 도중 혹은 생산 후에 지진격리받침의 품질관리를 위해 실시하는 시험
- 좌굴: 압축-전단 하중을 받는 상태에서 지진격리받침이 안정성을 잃는 상태
- 지진격리받침(seismic isolation bearing): 교량에 고유주기 이동, 지진력 분산, 지진에너지 감쇠 기능을 부여하여 교량을 지진으로부터 보호하는 받침으로서, 여기서는 선형천연고무받침, 고감쇠고무지진격리받침, 납삽입지진격리받침 등을 대상으로 함.
- 지진격리받침의 수평특성: LNR : 전단강성(K_h)
: HDR : 전단강성(K_h)과 등가감쇠비(h_{eq})
: LRB : 항복 후 전단강성(K_d)와 특성 하중(Q_d)
: EDC : 사이클 당 소산되는 에너지
- 지진격리받침의 압축특성(compressive properties of elastomeric isolators) : 지진격리받침의 압축강성(K_v)
- 지진격리받침의 파괴: 압축(또는 인장)-전단 하중에 의한 지진격리받침의 파손

- 최대 압축응력: 지진 시에 지진격리받침에 장기적으로 작용하는 최대 압축응력
- 형식 시험(Type test): 제품 개발 단계에서 재료의 특성과 지진격리받침의 성능에 대한 검증, 혹은 요구되는 설계사양을 만족하는가를 확인하기 위하여 실시하는 시험
- 1차 형상계수: 보강 철판 사이에 있는 하나의 내부 고무층에 대하여 변형이 자유로운 면적에 대한 유효 재하면적의 비율
- 2차 형상계수: 원형 지진격리받침일 경우 내부 고무층의 총 두께에 대한 내부 고무층의 지름의 비, 사각형 지진격리받침일 경우 내부 고무층의 총 두께에 대한 내부 고무층의 유효폭의 비

1.3 기호정의

1.3.1 신축이음관련 기호

W = 차량 진행방향으로 산정한 신축이음 노면 최대 틈새 간격(mm)(4.1.3.1)

1.3.2 받침관련 기호

A = 탄성받침 단면적(4.2.3.2)
 A_c = 가동받침 이동량 계산을 위한 콘크리트 단면적(4.2.2.3)
 A_r = 탄성받침의 감소 유효면적(4.2.3.8)(4.2.3.11)(4.2.3.12)
 = 슬라이딩면의 유효접촉면적(4.2.5.3)(4.2.6.9)
 A_1 = 탄성받침 유효 단면적(4.2.3.7)
 D = 원형 받침의 전체 직경(4.2.3.4)
 = 포트 내부 직경(4.2.4.3)(4.2.4.9)
 D' = 원형 적층받침의 유효직경(4.2.3.4)(4.2.3.12)
 E_b = 탄성중합체의 체적탄성계수(4.2.3.13)
 E_c = 가동받침 이동량 계산을 위한 콘크리트 탄성계수(4.2.2.3)
 = 탄성받침의 압축탄성계수(4.2.3.2)
 E_d = 포트의 탄성계수(4.2.4.9)
 $F_{xy,d}$ = 탄성받침에 작용하는 수평하중(4.2.3.12)
 $F_{z,d}$ = 탄성받침의 수직설계하중(4.2.3.8)(4.2.3.11)(4.2.3.12)
 G = 탄성받침의 전단탄성계수(4.2.3.2)
 H = 포트의 깊이(4.2.4.3)
 K_f = 고정되지 않는 탄성받침의 마찰계수 계산을 위한 계수(4.2.3.12)
 K_h = 탄성받침의 수평 전단강성(4.2.3.2)
 = 보강판에 발생한 인장응력을 고려하기 위한 계수(4.2.3.11)
 K_L = 하중 종류에 따라 탄성중합체의 최대설계변형률 계산을 위한 계수(4.2.3.6)
 K_s = 탄성받침에서 복원모멘트 계수(4.2.3.13)

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

- K_V = 탄성받침의 수직 압축강성(4.2.3.2)
 L = PTFE 직경(4.2.6.6)
 M_{emax} = 포트받침에서 탄성패드에서 발생하는 최대구속모멘트(4.2.4.3)
 M_d = 탄성받침에서 복원모멘트 설계값(4.2.3.13)
 $M_{\mu max}$ = 포트받침에서 피스톤과 포트벽의 마찰에 의한 모멘트(4.2.4.3)
 P_i = 프리스트레싱 직후의 PS강재에 작용하는 인장력(4.2.2.3)
 R = 포트받침에서 피스톤과 포트 접촉면의 반경(4.2.4.9)
 $R_{xy,d}$ = 탄성받침에서 이동변위에 의해 구조물에 가해지는 힘(4.2.3.13)
 S = 형상계수(4.2.3.7)
 S_1 = 최소두께의 탄성중합체 내부 층에 대한 형상계수(4.2.3.12)
 T_e = 탄성중합체의 전체 공칭두께(4.2.3.12)(4.2.3.13)
 T_q = 상하 덮개를 포함한 탄성중합체의 총 두께(4.2.3.9)
 T_r = 탄성중합체의 총두께(4.2.3.2)
 V_{pd} = 고정장치의 설계강도(4.2.2.2)
 V_{Rd} = 받침의 설계강도(4.2.2.2)
 V_{Sd} = 받침에 작용하는 전단력(4.2.2.2)
 a = 받침의 전체 나비(직사각형 받침에서 단변)(4.2.3.4)
 a' = 적층탄성받침의 유효나비(보강판의 나비)(4.2.3.4)(4.2.3.8)(4.2.3.12)
 b = 받침의 전체 길이(직사각형 받침에서 장변)(4.2.3.4)
 b' = 적층탄성받침의 유효 길이(보강판의 길이)(4.2.3.4)(4.2.3.8)
 c = 미끄럼 요소들 간의 유격(4.2.6.6)
 d = 포트받침에서 탄성패드 직경(4.2.4.6)
 e_t = 슬라이딩 곡면에서 편심(4.2.5.3)
 h = PTFE의 돌출길이(4.2.6.6)
 h_i = 거더의 중립축으로부터 받침의 회전중심까지의 거리(4.2.2.3)
 $f_{e,k}$ = 포트받침에서 탄성중합체의 허용압축응력(4.2.4.6)
 f_k = PTFE 설계압축강도(4.2.5.3)(4.2.6.6)
 f_y = 재료의 항복 강도(4.2.3.11)(4.2.4.9)
 l = 신축거더길이(4.2.2.3)
 l_p = 탄성받침의 자유 힘 둘레(4.2.3.7)
 n = 받침 개수(4.2.2.4)
 t_b = 적층탄성받침의 총 두께(4.2.3.4)
 t_e = 압축시 탄성중합체의 유효두께(4.2.3.7)
 t_i = 개별 탄성중합체 층 두께(4.2.3.4)(4.2.3.10)

t'_i	= 개별 탄성중합체 층 중 가장 작은 두께(4.2.3.10)
t_{min}	= 포트받침에서 탄성패드 최소 두께(4.2.4.6)
t_p	= PTFE 두께(4.2.6.6)
t_s	= 보강판 두께(4.2.3.4)
t_1	= 적층탄성받침에서 내부보강판 양면의 탄성중합체 두께(4.2.3.11)
t_2	= 적층탄성받침에서 내부보강판 양면의 탄성중합체 두께(4.2.3.11)
v_{xy}	= 이동 변위에 의한 적층탄성받침의 수평 상대 변위(4.2.3.9)
$v_{x,d}$	= 설계하중에 의한 받침의 나비 방향으로의 최대 수평 상대 변위(4.2.3.8)
$v_{y,d}$	= 설계하중에 의한 받침의 길이 방향으로의 최대 수평 상대 변위(4.2.3.8)
$v_{z,d}$	= 적층탄성받침의 총 수직변형(4.2.3.12)(4.2.3.13)
w	= 피스톤 면의 폭(4.2.4.9)
α	= 열팽창계수(4.2.2.3)
	= 받침 형식 및 수량에 따른 마찰계수 보정계수(4.2.2.4)
α_a	= 직사각형 받침의 나비 a를 가로지르는 회전각(4.2.3.5)
α_{ab}	= 직사각형 받침의 나비 a, 길이 b를 가로지르는 누적 회전각(4.2.3.5)
$\alpha_{a,d}$	= 직사각형 받침의 나비 a를 가로지르는 회전각(4.2.3.10)(4.2.3.12)
α_b	= 직사각형 받침의 길이 b를 가로지르는 회전각(4.2.3.5)
$\alpha_{b,d}$	= 직사각형 받침의 길이 b를 가로지르는 회전각(4.2.3.10)(4.2.3.12)
α_d	= 원형 받침의 직경 D를 가로지르는 회전각(4.2.3.5)
α_{dmax}	= 포트받침의 최대 회전각(4.2.4.3)
β	= 건조수축, 크리프의 저감계수(4.2.2.3)
$\epsilon_{\alpha,d}$	= 회전에 의한 탄성중합체의 설계변형률(4.2.3.6)(4.2.3.10)
$\epsilon_{c,d}$	= 압축하중에 의한 탄성중합체의 설계변형률(4.2.3.6)(4.2.3.8)
$\epsilon_{q,d}$	= 수평 이동에 의한 탄성중합체의 설계변형률(4.2.3.6)(4.2.3.9)
$\epsilon_{t,d}$	= 탄성중합체의 전체 설계 공칭 변형률(4.2.3.6)
ϕ	= 콘크리트의 크리프계수(4.2.2.3)
$\mu_{dyn,T}$	= 동적마찰계수(4.2.6.10)
μ_e	= 고정되지 않은 탄성받침의 마찰계수(4.2.3.12)
μ_k	= 마찰계수(4.2.2.2)
$\mu_{s,T}$	= 정적마찰계수(4.2.6.10)
μ_r	= 상쇄 마찰계수(4.2.2.4)
μ_{max}	= 최대 마찰계수(4.2.2.4)
θ_i	= 받침 상부의 거더 회전각(4.2.2.3)
σ	= 탄성받침의 수직압력(4.2.3.5)

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

- σ_m = 탄성받침의 평균압축응력(4.2.3.12)
 σ_p = 접촉응력(4.2.6.4)
 Δl = 가동받침의 총 이동량(4.2.2.3)
 Δl_r = 활하중으로 거더의 처짐에 의한 가동받침의 이동량(4.2.2.3)
 Δl_s = 콘크리트의 건조수축에 의한 가동받침의 이동량(4.2.2.3)
 Δl_t = 온도변화에 의한 가동받침의 이동량(4.2.2.3)
 Δl_c = 콘크리트의 크리프에 의한 가동받침의 이동량(4.2.2.3)
 ΔT = 콘크리트의 건조수축에 해당하는 온도변화(4.2.2.3)
 $\Delta \alpha_{d2}$ = 활하중에 의한 포트받침의 회전각 변동(4.2.4.3)

1.3.3 지진격리받침관련 기호

- A = 유효 면적; 적층고무 지진격리받침에서 덮개 고무 부분을 제외한 면적(4.3.2)
 A_e = 비지진 전단변위 상태에서 적층 고무 지진격리받침의 상부와 하부가 겹쳐지는 면적
(4.3.2)(4.3.3.2)
 a = 정사각형 지진격리받침에서 덮개고무를 제외한 한 변의 길이 또는 직사각형 지진격리
받침에서 덮개고무를 제외한 장변의 길이(4.3.3.2)
 a_e = 직사각형 지진격리받침에서 덮개고무를 제외한 단변의 길이(4.3.3.4)
 b = 직사각형 지진격리받침에서 덮개고무를 제외한 횡방향의 변의 길이(4.3.3.2)
 d_0 = 보강철판의 외부 지름(4.3.3.3)(4.3.3.4)
 E_{ap} = 지진격리받침 고무층의 겹보기 탄성계수(4.3.3.2)
 E_c = 고무의 압축성을 고려하여 수정된 겹보기 탄성계수(4.3.2)
 E_c^s = 1차 형상계수에 따라 결정되는 체적 압축특성을 고려하여 수정한 겹보기 탄성계수
(4.3.3.2)
 G = 전단탄성계수(4.3.2)
 $G_{eq}(\gamma)$ = 전단변형률 γ 에서의 등가 선형 전단탄성계수(4.3.2)
 K_h = 전단강성(4.3.2)
 K_v = 지진격리받침의 압축강성(4.3.2)
 n = 내부 고무층의 개수(4.3.3.2)
 P = 지진격리받침의 압축력(4.3.3.3)
 P_0 = 지진격리받침의 설계 압축력(4.3.2)
 P_{max} = 지진격리받침의 최대 설계 압축력(4.3.2)(4.3.3.5)
 P_{min} = 지진격리받침 최소 설계 압축력(4.3.2)
 S_1 = 1차 형상계수(4.3.3.2)(4.3.3.4)(4.3.3.5)
 T_r = 고무층의 총두께로서 $T_r = n \times t_r$ 로 계산(4.3.2)(4.3.3.1)(4.3.3.4)

t_r	= 내부 고무층 1개의 두께(4.3.3.2)
V	= 지진격리받침에 작용하는 상향력(4.3.3.6)
X_0	= 설계 전단변위(4.3.2)
X_s	= 준정적 전단 작용에 의한 전단변위(4.3.3.1)
X_{max}	= 최대 설계 전단변위(4.3.2)
X_d	= 동적 전단 작용에 의한 전단변위(4.3.3.1)
γ_0	= 설계 전단변형률(4.3.2)
γ_a	= 적층고무 지진격리받침의 층 전단변형률에 대한 상한값(4.3.3.2)
γ_c	= 압축력에 의한 국부 전단변형률(4.3.3.2)
γ_{max}	= 지진 시 최대 전단변형률(4.3.2)
γ_r	= 회전에 의한 국부 전단변형률(4.3.3.2)
γ_s	= 준정적 전단 작용에 의한 전단변형률(4.3.3.1)(4.3.3.2)
θ	= 지진격리받침의 회전각(원형 지진격리받침은 지름, 직사각형 지진격리받침은 중심축에 대한 회전)(4.3.3.2)
θ_a	= 지진격리받침의 종축방향 회전각(4.3.3.2)
θ_b	= 지진격리받침의 횡축방향 회전각(4.3.3.2)
σ_0	= 지진격리받침의 설계 압축응력(4.3.2)
σ_{max}	= 지진격리받침의 최대 설계 압축응력(4.3.2)(4.3.3.5)
σ_{min}	= 지진격리받침의 최소 설계 압축응력(4.3.2)
σ_t	= 인장응력(4.3.3.6)
σ_{te}	= 지진격리받침의 허용 인장응력(4.3.3.6)
ψ	= 좌굴 점검을 위한 계수(4.3.3.4)

2. 조사 및 계획

내용 없음.

3. 재료

내용 없음.

4. 설계

4.1 신축이음

4.1.1 요구사항

4.1.1.1 일반사항

- (1) 신축이음을 선정하고 배치할 때에는 온도변화 및 시간 의존적 원인에 의한 교량 상하부구조의 각종 변형을 수용하여 교량 기능을 보장하여야 하고 차량 및 이륜 자동차, 원동기, 자전거 등의 통행에 지장이 없도록 하여야 한다.
- (2) 신축이음은 사용한계상태 및 극한한계상태에서 하중을 충분히 지지할 수 있어야 하고, 상하부구조의 회전 및 이동을 자유롭게 수용해야 한다. 또한 피로한계상태에 대한 요구조건을 만족하여 충분한 내구성을 가지도록 설계되어야 한다. 대부분의 신축이음은 방수기능이 필수적으로 요구되고 있는데 이러한 신축이음은 내구연한동안 누수가 발생하지 않도록 설계되어야 한다.
- (3) 신축이음 내구연한이 교량 공용수명보다 작은 경우에는 상부구조에의 영향을 최소화하는 교체방법을 제시하여야 한다. 또한 신축이음 내구연한동안 유지관리나 교체가 필요한 부품들에 대한 작업 방법들을 제시하여야 한다.
- (4) 신축이음에 발생하는 하중은 신축이음 구조형상과 각 요소들의 강성, 제작 및 시공 오차에 따라 달라진다. 각 요소들에 대한 설계하중 계산 시 이러한 영향들을 합리적으로 고려하여야 한다.

4.1.1.2 구조설계

- (1) 신축이음의 허용 신축량과 극한 신축량은 발생 가능한 모든 하중들의 조합들 중에서 가장 불리한 경우에 대하여 각각 계산하여야 한다. 신축이음장치 본체와 그 지지부는 최대 신축하였을 때 계수 하중에 안전하도록 설계하여야 한다. 여기서, 재료계수는 KDS 24 14 21과 KDS 24 14 31에 규정된 적절한 값을 사용할 수 있고 하중계수와 하중조합은 KDS 24 12 11과 KDS 24 12 21을 참조한다.
- (2) 눈이 많이 내리는 지역에서는 신축이음 연결부 및 앵커는 제설기에 의해 신축이음에 가해질 수 있는 수평하중에 저항하도록 설계하여야 한다.

4.1.1.3 형상

신축이음 이동방향은 이동이 구속되거나 또한 받침에 불리한 하중이 작용하지 않도록, 받침과 연계하여 작동할 수 있는 형상으로 설계되어야 한다. 그리고 차량, 원동기 및 자전거 등의 바퀴와 보행자가 미끄러지거나 빠지지 않는 형상을 갖도록 해야 한다.

4.1.1.4 재료

- (1) 재료는 온도나 화학적으로 적합한 것을 선정하여야 한다. 재질적 차이가 있는 곳에서의 접촉면은 완전하게 제기능을 발휘할 수 있도록 처리하여야 한다.
- (2) 탄성체를 제외한 다른 재료들은 50년 이상의 사용수명을 가지고 있어야 한다. 신축이음 봉합재에 사용되는 탄성체와 물받이는 15년 이상의 사용수명을 가져야 한다.
- (3) 차륜을 접촉하는 신축이음은 미끄럼이 발생하지 않도록 해야 하며 모든 부품은 마모와 차량의 충격에 견딜 수 있어야 한다.
- (4) 용병체에 노출되는 신축이음의 경우, 고장력 볼트를 제외한 나머지 부분은 도장 처리를 실시하거나 스테인리스 강재 등 내부식성 재료로 만들어져야 한다.

4.1.1.5 유지관리 및 교체

- (1) 신축이음은 교량 설계수명동안 유지관리가 최소화되도록 설계하여야 한다. 바닥판 하부에서 신축이음에 접근이 가능하도록 유지관리를 위한 충분한 공간이 확보되어야 한다.
- (2) 부분 또는 전면 교체를 고려하여 설계할 경우에는 구체적인 교체 방법을 제시해야 한다. 탄성 부품 등 소모성 부품은 교체가 가능해야 한다. 그리고 도로 포장의 덧씌우기를 고려하여 수직 방향으로 높이 조절이 가능하도록 설계되어야 한다.

4.1.2 선정 및 위치

교량 구조물에서 신축이음 수는 최소화하도록 하고 교량 종방향 구배를 고려하여 곡선부 최고점에 설치하는 것이 바람직하다

4.1.3 설계

4.1.3.1 설계 이동량 계산 및 허용 틈새 간격

- (1) 신축이음의 이동량은 발생 가능한 모든 하중들의 조합들 중에서 가장 불리한 경우에 대하여 KDS 24 12 11과 KDS 24 12 21에서 규정한 극한한계상태 하중조합을 사용하여 계산하여야 한다.
- (2) 각종 이동량 및 시공 여유량 등을 모두 고려하여 차량 진행방향으로 산정한 신축이음 노면 최대 틈새 간격(W , mm)은 다음을 만족하여야 한다.
 - ① 틈새가 하나인 경우(for single gap): $W \leq 100 \text{ mm}$
 - ② 틈새가 여러 개인 모듈 형식(for multiple modular gaps): $W \leq 80 \text{ mm}$
- (3) 강교량인 경우 노면 틈새 간격은 계수하중을 고려한 극한 이동 상태에서 최소 25 mm 이상이어야 한다. 콘크리트교량인 경우 크리프 및 건조수축 변형을 감안하여 초기에 일시적으로 최

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

소 틈새 간격이 25 mm 보다 작을 수 있다.

4.1.3.2 설계 하중

- (1) 신축이음의 설계 연직하중은 KDS 24 12 11과 KDS 24 12 21의 표준트럭의 후륜하중으로 한다. 윤하중 분배 면적 크기는 KDS 24 12 21 하중편을 참조하여 산정할 수 있으며, 레일형 및 평거형 등 개방식 신축이음인 경우에는 트럭 바퀴가 접촉되지 않는 부분이 발생하므로 분포하중 산정 시 이를 고려해야 한다.
- (2) 신축이음의 설계 수평하중은 설계 연직하중의 20 % 로 하고 신축이음에서의 바퀴 접촉과 분포를 고려한다. 눈이 많이 오는 지역에서 제설차의 사용이 예상되는 경우에는 신축이음 길이 방향 3,050 mm에 20 N/mm(충격 포함)로 분포하는 선하중을 사용한다. 여기서 작용방향은 차량 진행 방향이며 노면 위치에서 작용하는 것으로 한다.

4.1.3.3 구조해석

신축이음의 형상과 구조를 합리적으로 반영하여 해석모델을 설정한다. 최대 신축상태에서 설계하중을 재하하여 가장 불리한 상태가 되도록 한 후 구조해석을 실시하여 최대 단면력을 산출한다.

4.1.3.4 설계상세

- (1) 신축이음은 차량과 포장 유지관리 장비, 그리고 장기적인 다양한 환경적 손상 영향을 수용할 수 있도록 설계되어야 한다.
- (2) 교대부에서 신축이음 양쪽 부분의 부등 처짐이 예상되는 경우에는 이를 수용할 수 있는 신축이음을 선정해야 한다.
- (3) 콘크리트 단부 보호용 앵글 등에서는 콘크리트 타설시 충분한 채움을 위해 중심 간격 460 mm 이하, 최소 직경 20 mm의 공기 배출 구멍을 가지고 있어야 한다.
- (4) 신축이음과 채움 콘크리트 사이에 완전 합성거동을 보장할 수 있는 앵커나 전단연결재를 설계하여야 하며, 경계면은 완전 방수 처리하여 누수가 발생하지 않도록 해야 한다.
- (5) 주행방향으로 300 mm 이상 신축이음 표면이 차량에 노출되는 경우에는 미끄럼 방지 처리를 하여야 한다.

4.1.4 제작 및 현장이음 설계

4.1.4.1 제작

앵글 또는 형강, 강판 등은 용접 변형 최소화 또는 부속 부품과의 강한 접합을 위해 충분한 두께를 가져야 한다.

- (1) 신축이음의 구성요소는 제작장에서 완벽하게 가조립한 상태에서 검사를 받아야 한다.
- (2) 신축이음과 봉합재는 가능한 완전하게 조립되어 현장(job-site)으로 운반되어야 한다.
- (3) 길이 18,000 mm까지의 조립 신축이음은 중간에 현장 용접이음이 없어야 한다.

4.1.4.2 현장 이음 설계

- (1) 교량 시공 단계별로 설치되거나 길이가 18,000 mm 이상인 신축이음에서는 현장이음을 가질 수 있다. 이러한 현장 이음은 피로설계를 수행하여 피로수명을 최대로 하는 이음부 상세를 가져야 한다. 가능하면 피로하중을 작게 받고 부식이 적게 발생하도록, 차륜의 통과위치나 체수가 예상되는 지역을 피해서 설치하는 것이 좋다.
- (2) 고무 또는 기타 재료로 만들어진 봉합재는 일체형 하나로 사용되어야 한다. 봉합재의 현장이음이 불가피한 경우에는 연결부에 가황처리를 해야 한다.

4.1.5 모듈러형 신축이음(Modular Expansion Joint)

4.1.5.1 일반

중간보와 이를 지지하는 지지보로 조립되는 모듈러형은 극한한계상태 설계와 피로한계상태 설계를 수행하여 신축이음 시스템으로서의 요구 성능과 내구성을 확보해야 한다.

4.1.5.2 요구 성능

- (1) 모듈러형 신축이음은 먼지, 모래 등 이물질이 중간보 사이에 퇴적될 경우를 대비하여 청소가 용이하고 일부 소모성 부품 교체에 있어서 편리한 구조를 가져야 한다.
- (2) 종방향 및 횡방향 수평이동량과 수직 이동량, 회전이동량 각각에는 표 4.1-1과 같은 설계 최소 이동량을 가지고 있어야 한다.

표 4.1-1 추가 여유량을 포함한 최소 이동량

이동 방향	설계 최소 이동량
종방향	계산 이동량+25 mm
횡방향	25 mm
수직방향	25 mm
종방향 축에 대한 회전	1°
횡방향 축에 대한 회전	1°
수직방향 축에 대한 회전	0.5°

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

4.1.5.3 하중 및 하중계수

4.1.3.2의 수평 및 수직하중을 동시에 적용하여 설계한다. 여기서 중간보를 설계할 때의 윗하중 분담률은 4.1.5.4를 참조하고 충격계수는 0.3을 사용한다. 하중계수는 KDS 24 12 11을 참조한다.

4.1.5.4 윗하중 분배

- (1) 단부보는 4.1.5.3에 규정된 수평 및 수직하중의 50 %를 적용하여 설계한다.
- (2) 표 4.1-2는 중간보에서 부담하는 수직 및 수평하중 분담율을 나타낸 것이다. 여기서 중간보 상부플랜지 폭 사이에서는 선형 보간을 실시하여 구한다.

표 4.1-2 중간보의 윗하중 분담율

중간보 상부플랜지 폭(mm)	하중 분배율(%)		
	1등급 윗하중 (96kN)	2등급 윗하중 (72kN)	3등급 윗하중 (54kN)
65이하	50	60	70
75	60	70	80
100	70	80	90
120	80	90	90

4.1.5.5 피로한계상태 설계

- (1) 중간보, 지지보, 단부보, 볼트 및 용접 이음, 기타 부속품은 KDS 14 31 20(4.2)에 규정된 인성요구조건을 만족해야 한다. 인장볼트는 KDS 14 31 20(4.1.2.5)의 피로강도를 만족하여야 한다.
- (2) 중간보, 지지보, 단부보, 용접 이음 등 모든 부재의 피로설계에 대하여 활하중 응력범위는 다음 조건을 만족해야 한다.

$$\Delta f \leq \frac{1}{2} \Delta F_{TH} \quad (4.1-1)$$

여기서, Δf 는 수직하중과 수평하중이 동시에 작용한 상태에서 계산된 활하중 응력범위이고, ΔF_{TH} 는 KDS 14 31 20(표 4.1-3)에서 피로 상세범주에 해당하는 일정 피로 진폭 한계값이다.

4.1.6 핑거형 신축이음(Finger Expansion Joint)

4.1.6.1 일반

- (1) 캔틸레버형 핑거 신축이음에 대하여 규정한다.
- (2) 캔틸레버 핑거와 이를 지지하는 앵커에 대하여 극한한계상태 설계와 피로한계상태 설계를 수행하여 신축이음 시스템으로서의 요구 성능과 내구성을 확보해야 한다.

4.1.6.2 요구 성능

- (1) 핑거형 신축이음에서도 먼지, 모래 등 이물질이 핑거 사이에 퇴적될 경우를 대비하여 청소가 용이하고 일부 소모성 부품 교체에 있어서 편리한 구조를 가져야 한다.
- (2) 인접 핑거들 사이의 틈은 가장 벌어진 상태(계수 극한이동 상태)에서 다음을 만족해야 한다.
 - ① 교축방향으로 열린 길이가 200 mm 이하인 경우 폭이 75 mm 이하
 - ② 교축방향으로 열린 길이가 200 mm를 초과하는 경우 폭이 50 mm 이하
 또한 계수 극한이동 상태에서 핑거의 겹침은 38 mm 이상이어야 하고 하절기에 틈새가 축소되어 완전히 겹쳐졌을 경우에도 틈새가 20 mm 이상의 여유 간격을 가지고 있어야 한다. 핑거 캔틸레버 끝단은 15 mm 이상의 곡률 반경을 가져야 한다.
- (3) 캔틸레버 시점은 단부 앵글 전면으로부터 캔틸레버 방향으로 10 mm 이상 떨어져 있어야 한다. 여기서, 단부 앵글의 상면과 상대편 핑거 캔틸레버의 하면사이의 거리가 20 mm 이상으로 충분할 경우에는 본 규정을 적용하지 않아도 좋다.

4.1.6.3 하중 및 하중계수

수직하중만을 적용하여 설계하며 4.1.3.2에서와 같은 윤하중 분포 개념을 사용한다. 등분포 윤하중은 핑거 캔틸레버에 최대 모멘트가 작용하도록 재하한다. 충격계수는 1.0을 사용하고 하중계수는 KDS 24 12 11, KDS 24 12 21을 참조한다.

4.2 받침

4.2.1 일반

- (1) 받침은 상부구조에서 전달된 하중을 하부구조에 전달하여야 하고, 특히 부반력에 대하여는 안전하게 설계되어야 하며 상·하부 구조에 유해한 구속력을 발생시키지 않아야 한다.
- (2) 받침은 지진, 바람, 온도변화 등에 대해서도 안전하도록 설계하여야 한다.
- (3) 받침 또는 받침 부품은 필요 시 점검, 유지관리 및 교체가 가능하도록 설계하여야 한다.
- (4) 받침은 최소의 반력을 발생시키면서 지정된 이동이 가능하도록 설계되어야 한다. 가능한 프리셋팅(presetting)을 피해야 하며, 불가피한 경우에는 공장에서 이행해야 한다. 현장조정이 불가피할 때에는 발주처의 승인 하에 수행해야 한다.
- (5) 받침은 상부구조의 형식, 지간길이, 지점반력, 내구성, 시공성 등에 의해 그 형식과 배치가 결정된다. 특히 곡선교나 사교에서는 지점반력의 작용기구, 신축과 회전방향을 충분히 검토하여야 한다.

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

4.2.2 설계일반

4.2.2.1 일반

받침의 설계는 고려되는 한계상태의 안전수준을 따른다.

이 절에서는 받침 설계 시 공통적으로 고려해야 할 부분을 다루며, 받침 종류에 따른 상세설계는 4.2.3에서 4.2.6의 규정을 따른다.

4.2.2.2 미끄럼에 대한 안전

받침이 부분적 또는 전체적으로 마찰로 지지되는 경우에는 극한한계상태에서 다음의 관계식에 따라 미끄럼에 대한 안전이 확인되어야 한다.

$$V_{sd} \leq V_{Rd} \quad (4.2-1)$$

여기서, V_{sd} = 전단하중효과(N)

$$V_{Rd} = \text{설계강도} \left(\frac{\mu_k}{\gamma_u} \cdot N_{sd} + V_{pd} \right) (\text{N})$$

N_{sd} = V_{sd} 와 함께 이음부에 연직으로 작용하는 최소 하중(N)

V_{pd} = 고정장치의 설계강도(N)

μ_k = 마찰계수

= 0.4(강재 - 강재간 마찰)

= 0.6(강재 - 콘크리트간 마찰)

γ_u = 2.0(강재 - 강재간 마찰)

= 1.2(강재 - 콘크리트간 마찰)

4.2.2.3 이동량

(1) 가동받침은 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축, 프리스트레싱 등으로 발생하는 상부구조의 이동량에 여유 있는 구조이어야 한다.

(2) 가동받침의 이동량 산정

이동량은 일반적으로 다음 식을 따른다.

$$\Delta l = \Delta l_t + \Delta l_r + \Delta l_s + \Delta l_c \quad (4.2-2)$$

여기서, Δl_t = 온도변화에 의한 이동량($\Delta T \cdot \alpha \cdot l$)(mm)

Δl_r = 활하중으로 거더의 처짐에 의한 이동량 $\sum (h_i \cdot \theta_i)$ (mm)

Δl_s = 콘크리트의 건조수축에 의한 이동량($\Delta T \cdot \alpha \cdot l \cdot \beta$)(mm)

Δl_c = 콘크리트의 크리프에 의한 이동량($\frac{P_i}{E_c A_c} \phi \cdot l \cdot \beta$)(mm)

α = 열팽창계수

l = 신축거더 길이(mm)

β = 건조수축, 크리프의 저감계수

P_i = 프리스트레싱 직후의 PS 강재에 작용하는 인장력(N)

A_c = 콘크리트 단면적(mm²)
 E_c = 콘크리트 탄성계수(MPa)
 ϕ = 콘크리트의 크리프계수
 ΔT = 건조수축에 해당하는 온도변화(°C)
 h_i = 거더의 중립축으로부터 받침의 회전중심까지의 거리(mm)
 θ_i = 받침 상부의 거더의 회전각(rad)

표 4.2-1 콘크리트의 크리프계수와 건조 수축량

콘크리트의 크리프 계수	$\phi = 2.0$
콘크리트의 건조수축	20°C 하강 상당

표 4.2-2 건조수축, 크리프의 저감계수 β

콘크리트의 재령(월)	0.25	0.5	1	3	6	12	24
건조수축, 크리프의 저감계수(β)	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1

(3) 여유 이동량

가동받침의 이동량은 계산이동량 외에 설치할 때의 오차와 하부구조의 예상 밖의 변위 등에 대처할 수 있도록 여유량을 고려하여야 한다. 이 여유량은 교량의 규모에 따라서 달라지므로 $\pm 50^\circ\text{C}$ 의 온도변화에 상당하는 이동량으로 하고, 최대 $\pm 50\text{ mm}$ 이내로 하는 것이 바람직하다. 다만, 해당 받침 기준에서 더 엄격한 조건을 제시할 경우에는 이를 따른다.

4.2.2.4 받침 저항 성능

(1) 받침의 이동에 대한 저항성능은 재료의 불확실성, 제작오차, 부정확한 설치 등을 고려하여 해당 받침편에 기술하였다. 다만, 다음의 경우에는 적용할 수 없다.

- ① 규정된 최소·최대 온도를 벗어난 경우
- ② 규정된 제작오차를 초과할 경우
- ③ 활하중에 의하여 평행이동속도나 회전속도가 규정 값을 초과할 경우
- ④ 받침에 이물질이 삽입된 경우
- ⑤ 유지관리가 충분하지 않은 경우

(2) 받침 설계에서 받침 저항 성능은 가장 불리한 경우를 고려하여 계산하여야 한다.

(3) 다수의 받침이 배치되었을 때 일부 받침에 발생될 수 있는 역반력은 다른 받침들의 반력으로 상쇄된다. 이 때 마찰계수 산정 시 정밀한 조사 결과가 있는 경우에는 이를 따르고, 일반적인 경우에는 아래 식을 따른다.

$$\mu_a = 0.5\mu_{\max}(1 + \alpha) \quad (4.2-3)$$

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

$$\mu_r = 0.5\mu_{\max}(1 - \alpha) \quad (4.2-4)$$

여기서, μ_a = 역마찰계수(adverse coefficient of friction)

μ_r = 상쇄 마찰계수(relieving coefficient of friction)

$\mu_{\max}$ = 최대 마찰계수

α = 받침 형식 및 수량에 따른 계수로 적절한 α 가 제시되지 않은 경우에는 다음 표에 따른다.

표 4.2-3 α 계수

n	α
≤ 4	1
$4 < n < 10$	$(16 - n)/12$
≥ 10	0.5

4.2.2.5 받침유격

- (1) 수평력에 저항하는 받침에는 받침 내 유격이 발생할 수 있기 때문에 이를 최소화 하도록 조치하여야 한다. 개별 규정이 명시되지 않을 경우 총 유격은 2 mm 이하로 하며, 이를 초과하는 경우 과도한 유격으로 구조물 기능이 저하되지 않도록 주의해야 한다.
- (2) 받침의 수평방향 변위에 유격은 포함하지 않는다. 단, 정확한 방향으로의 영구적으로 유지된다는 것을 증명할 수 있으면 유격을 고려할 수 있다.
- (3) 복수의 받침이 설치되는 경우에는 받침들 간의 반대 방향의 유격으로 수평이동이 방해되지 않도록 한다.

4.2.2.6 받침부품 손실에 대한 안전

동적 하중 재하로 인해 받침이 느슨해지지 않도록 적절한 조치를 취해야 한다.

4.2.3 강재보강 탄성받침

4.2.3.1 일반

- (1) 탄성받침은 극한한계상태 및 사용한계상태에서 안전성 및 사용성을 만족하도록 설계되어야 한다.
- (2) 탄성받침은 극한한계상태에서 작용하는 설계 극한하중 및 변위에 대하여 적절하게 견딜 수 있어야 한다.
- (3) 탄성받침은 사용한계상태에서 작용하는 설계 사용하중 및 변위에 대하여 허용 기준값을 만족해야 한다.

4.2.3.2 압축특성과 전단특성

(1) 탄성반침의 수직 압축강성은 다음과 같이 표현된다.

$$K_V = \frac{E_c \cdot A}{T_r} \quad (4.2-5)$$

(2) 탄성반침의 수평 전단강성은 다음과 같이 표현된다.

$$K_h = G \frac{A}{T_r} \quad (4.2-6)$$

여기서, A = 탄성반침의 단면적(mm²)

E_c = 탄성반침의 압축탄성계수(MPa)

G = 탄성반침의 전단탄성계수(MPa)

T_r = 탄성중합체층의 총두께(mm)

4.2.3.3 재료

(1) 탄성중합체

① 탄성중합체는 신생중합체로서 천연고무(NR)나 합성고무(CR)를 사용한다. 다른 중합체와의 혼합은 최대 5%까지 가능하다. 재생고무나 경화한 고무를 사용해서는 안 된다.

② 탄성중합체의 물리적, 기계적 특성은 사용되는 신생 중합체에 따라 다음 조건과 부합해야 한다.

표 4.2-4 탄성중합체의 물리적 기계적 특성

특성	수준			시험방법
전단계수 (G, MPa)	0.7	0.9	1.15	
인장강도 (MPa)				KS M 6518의 4
제조 시편	≥16	≥16	≥16	
제품 시편	≥14	≥14	≥14	
과단점에서 신장률 (%)				
제조 시편	450	425	300	
제품 시편	400	375	250	
인열 저항 (kN/m)				KS M 6783의 트라우저형
CR	≥7	≥10	≥12	
NR	≥5	≥8	≥10	

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

영구압축 줄임률(%) 24 h ; 70 °C	CR ≤ 15 NR ≤ 30	KS M 6518의 10
촉진노화 (조화전 값으로부터의 최대 변화) : 경도(IRHD) NR 7 일, 70 °C CR 3 일, 100 °C : 인장강도 (%) NR 7 일, 70 °C CR 3 일, 100 °C : 파단 시 신장률(%) NR 7 일, 70 °C CR 3 일, 100 °C	-5±10 ±5 ±15 ±15 ±25 ±25	KS M 6518의 7
오존 저항 신장률 : 30% -96시간 40°C± 2 °C NR 25 pphm, CR 100 pphm	균열없음	KS M 6518의 15

(2) 보강재

내부 보강판은 KS D 3501 또는 KS D 3503을 따르거나, 파단 시 최소등가신장(minimum equivalent elongation)을 가지는 것이어야 한다. 내부보강판의 최소두께는 2 mm이다.

내부 보강판은 4.2.3.11의 규정이 적용된다.

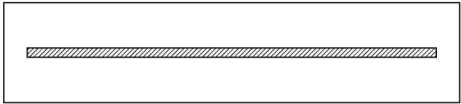
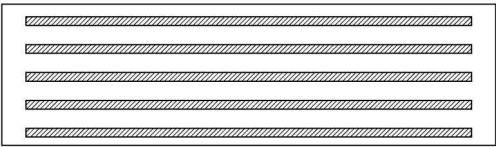
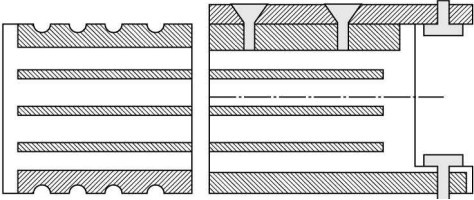
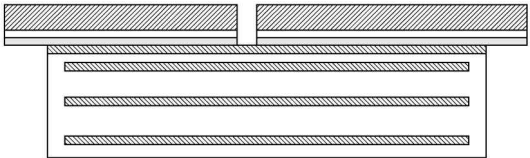
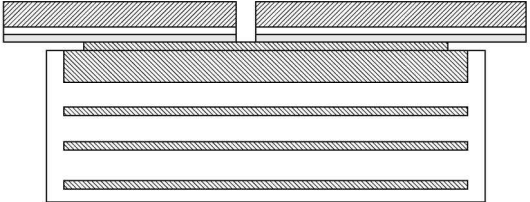
(3) 외부 강판

- ① 탄성받침 C형에 적용되는 외부 보강판은 KS D 3501 또는 KS D 3503을 따르거나, 파단 시 최소등가신장(minimum equivalent elongation)을 가지는 것이어야 한다.
- ② 외부 보강판의 최소두께는 탄성중합체의 내부 층 두께가 8 mm 이하라면 15 mm, 내부 층 두께가 8 mm 이상이라면 18 mm이다.

4.2.3.4 형상과 치수

- (1) 받침의 형상은 사각형 또는 원형을 표준으로 한다. 특이 형상을 가진 받침을 설계할 때에는 내부 고무층이 5 mm~25 mm 범위에서 동일한 두께를 갖도록 한다.
- (2) 받침은 표 4.2-5의 분류된 형식 중 하나 또는 이들이 조합된 형태로 설계된다. 탄성받침 B형에 대한 표준 규격은 표 4.2-6과 같다.

표 4.2-5 강재보강 탄성받침 단면형식

설명	단면형식
A형 받침: 단 하나의 보강판을 탄성중합체로 완전히 덮은 적층받침	
B형 받침: 최소 2개 이상의 보강판을 탄성중합체로 완전히 덮은 적층받침	
C형 받침: 외부 보강판이 있는 적층받침	
D형 받침: B형+PTFE 탄성중합체와 결합된 형식 ※ PTFE(Polytetrafluoroethylene)	
E형 받침: 탄성중합체와 강판에 오목한 테가 있는 PTFE 탄성받침에 결합된 외부판이 있는 형식	

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

표 4.2-6 타입 B형 받침에 대한 표준 규격

치수 a×b 또는 D (mm)	두께 (mm)						층수	
	변형전 받침		탄성중합체 (전체*)		탄성중합체 층	보강판	최소	최대
	최소	최대	최소	최대				
100×150	30	41	16	24	8	3	2	3
100×200	30	41	16	24	8	3	2	3
150×200	30	52	16	32	8	3	2	4
φ200	30	52	16	32	8	3	2	4
150×250	30	52	16	32	8	3	2	4
150×300	30	52	16	32	8	3	2	4
φ250	30	52	16	32	8	3	2	4
200×250	41	74	24	48	8	3	3	6
200×300	41	74	24	48	8	3	3	6
200×350	41	74	24	48	8	3	3	6
φ300	41	74	24	48	8	3	3	6
200×400	41	74	24	48	8	3	3	6
250×300	41	85	24	56	8	3	3	7
φ350	41	85	24	56	8	3	3	7
250×400	41	85	24	56	8	3	3	7
300×400	57	105	36	72	12	4	3	6
φ400	57	105	36	72	12	4	3	6
300×500	57	105	36	72	12	4	3	6
φ450	57	105	36	72	12	4	3	6
300×600	57	105	36	72	12	4	3	6
350×450	57	121	36	84	12	4	3	7
φ500	57	121	36	84	12	4	3	7
400×500	73	137	48	96	12	4	4	8
φ550	73	137	48	96	12	4	4	8
400×600	73	137	48	96	12	4	4	8
450×600	73	153	48	108	12	4	4	9
φ600	73	153	48	108	12	4	4	9
500×600	73	169	48	120	12	4	4	10
φ650	73	169	48	120	12	4	4	10
600×600	94	199	64	144	16	5	4	9
φ700	94	199	64	144	16	5	4	9
600×700	94	199	64	144	16	5	4	9
φ750	94	199	64	144	16	5	4	9
700×700	94	220	64	160	16	5	4	10
φ800	94	220	64	160	16	5	4	10
700×800	94	220	64	160	16	5	4	10
φ850	94	220	64	160	16	5	4	10
800×800	110	260	80	200	20	5	4	10
φ900	110	260	80	200	20	5	4	10
900×900	110	285	80	220	20	5	4	11

* 전체 두께는 상하부 덮개 2.5 mm를 제외한 것이다.

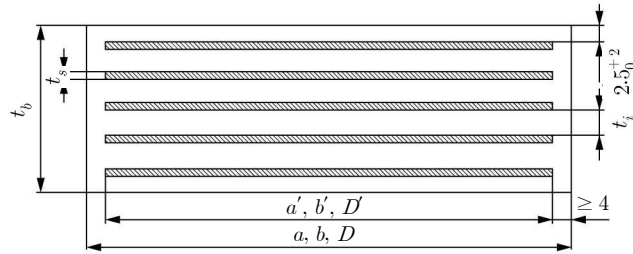


그림 4.2-1 타입 B형 받침에 대한 치수 기호

4.2.3.5 허용압축응력

표준 치수의 탄성받침에 적용될 수 있는 최소 및 최대 허용압력과 최대 허용회전은 다음과 같다. 표준 치수 이외의 탄성받침에 대해서는 충분한 시험에 의해 결정된 최소 및 최대 허용압력과 최대 허용회전을 사용하여야 한다.

표 4.2-7 사각형 탄성받침의 허용압축응력

최소 압력 (사각형)	전체치수(mm)	두께(mm)		최대압력 σ (MPa)	회전각(rad)		
	나비×길이 (a)×(b)	개별 고무층 (t_i)	보강 강판 (t_s)		α_a	α_b	α_{ab}
3	100×150	8	3	8.0	0.0040	0.0030	0.0050
	100×200	8	3	8.0	0.0040	0.0030	0.0050
	150×200	8	3	10.0	0.0030	0.0025	0.0039
	150×250	8	3	10.0	0.0030	0.0025	0.0039
	200×250	8	3	12.5	0.0030	0.0025	0.0039
	200×300	8	3	12.5	0.0030	0.0030	0.0036
	200×350	8	3	12.5	0.0030	0.0015	0.0034
	200×400	8	3	12.5	0.0030	0.0012	0.0032
	250×300	8	3	12.5	0.0025	0.0015	0.0029
	250×400	8	3	12.5	0.0025	0.0010	0.0027
5	300×400	12	4	15.0	0.0025	0.0012	0.0028
	300×500	12	4	15.0	0.0025	0.0010	0.0027
	300×600	12	4	15.0	0.0025	0.0008	0.0026
	350×450	12	4	15.0	0.0025	0.0015	0.0029
	400×500	12	4	15.0	0.0020	0.0010	0.0022
	400×600	12	4	15.0	0.0020	0.0010	0.0022
	450×600	12	4	15.0	0.0020	0.0010	0.0022
	500×600	12	4	15.0	0.0020	0.0010	0.0022
	600×600	16	5	15.0	0.0020	0.0020	0.0028
	600×700	16	5	15.0	0.0020	0.0015	0.0025

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

최소 압력 (사각형)	전체치수(mm)	두께(mm)		최대압력 σ (MPa)	회전각(rad)		
	나비×길이 (a)×(b)	개별 고무층 (t_i)	보강 강판 (t_s)		α_a	α_b	α_{ab}
	700×700	16	5	15.0	0.0015	0.0015	0.0021
	700×800	16	5	15.0	0.0015	0.0010	0.0018
	800×800	20	5	15.0	0.0010	0.0010	0.0014
	900×900	20	5	15.0	0.0005	0.0005	0.0007

표 4.2-8 원형 탄성받침의 허용압축응력

최소압력 (원형)	지름 (mm)	두께 (mm)		최대압력 σ (MPa)	회전각(rad)
	D	개별 고무층 (t_i)	보강 강판 (t_s)		α_d
3	200	8	3	10.0	0.0040
	250	8	3	12.5	0.0030
	300	8	3	12.5	0.0025
	350	12	3	12.5	0.0025
5	400	12	4	15.0	0.0020
	450	12	4	15.0	0.0020
	500	12	4	15.0	0.0020
	550	12	4	15.0	0.0015
	600	16	4	15.0	0.0020
	650	16	4	15.0	0.0020
	700	16	5	15.0	0.0015
	750	16	5	15.0	0.0015
	800	16	5	15.0	0.0010
	850	16	5	15.0	0.0010
	900	20	5	15.0	0.0005

4.2.3.6 설계원리

- (1) 보강판은 탄성중합체와 접촉면에서 상대 이동이 발생하지 않도록 탄성중합체에 화학적으로 부착되어야 한다.
- (2) 표 4.2-6의 표준 치수를 가진 받침을 포함한, 설계하고자 하는 모든 받침은 아래의 설계 요건을 만족하여야 한다. 다만, 받침의 상하 두께가 2.5 mm 이하인 경우에는 설계 계산에 포함되지 않는다.
적층탄성받침은 받침 평면의 치수 변경 없이 재하된 면적에 균일한 구멍을 났으로써 재하 면

적을 줄일 수 있다. 표 4.2.6의 표준 치수를 갖는 타입 B형 받침은 구멍의 전체 평면 면적이 탄성받침 평면 면적의 5 %를 넘지 않고 구멍의 지름이 80 mm를 초과하지 않는 범위에서 구멍을 낼 수 있다. 이때 구멍 내부는 측면 덮개를 사용하여 보존되어야 한다.

① 최대설계변형률

받침의 어느 지점에서든, 설계하중에 의한 변형률의 합은 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$\epsilon_{t,d} = K_L(\epsilon_{c,d} + \epsilon_{q,d} + \epsilon_{\alpha,d}) \quad (4.2-7)$$

여기서, $\epsilon_{c,d}$ = 압축설계하중에 의한 설계변형률(4.2.3.8절 참고)

$\epsilon_{q,d}$ = 설계이동변위에 의한 설계전단변형률(4.2.3.9절 참고)

$\epsilon_{\alpha,d}$ = 설계각회전에 의한 설계변형률(4.2.3.10절 참고)

K_L = 하중종류에 따른 계수. 일반적으로 1.0을 사용하며, 차량 활하중에 의해 계산되는 경우에는 1.5를 사용한다.

이 최대설계변형률은($\epsilon_{t,d}$) 사용한계상태에서는 최댓값 5를 초과할 수 없으며, 극한한계상태에서는 최댓값 7을 초과할 수 없다.

② 보강판의 최대 인장응력

보강판은 사용한계상태와 극한한계상태에 해당되는 설계하중에 대하여 4.2.3.11에 따라 설계하여야 한다.

③ 안정성 기준

받침은 사용한계상태와 극한한계상태에 대하여 4.2.3.12의 안정성 기준을 만족하여야 한다.

④ 받침의 힘, 모멘트, 변형은 4.2.3.13에 따라 평가하여야 한다.

4.2.3.7 형상계수

형상계수는 구멍을 포함한 탄성체의 자유표면적과 탄성체의 유효면적에 대한 비로 정의할 수 있다. 적층받침에서 개별 탄성중합체 층의 형상계수 S는 다음의 식으로 계산할 수 있다.

$$S = \frac{A_1}{l_p \cdot t_e} \quad (4.2-8)$$

여기서, A_1 = 내부강판과 접촉하는 받침의 유효 면적. 단, 채워지지 않은 구멍의 면적은 제외한다.(mm²)

l_p = 탄성받침의 힘이 0인 둘레길이. 단, 채워지지 않은 구멍의 둘레는 포함한다.(mm)

t_e = 압축상태에서 개별 탄성중합체 층의 유효두께(mm). 적층받침의 경우 내부 층은 실제 두께 t_i 를 사용하고, 3 mm 이상인 외부 층은 $1.4t_i$ 를 사용한다.

t_i = 개별 탄성중합체 층의 두께(mm)

4.2.3.8 압축하중에 의한 설계변형률

압축하중에 의한 설계변형률 $\epsilon_{c,d}$ 는 다음 식과 같으며, 이때의 G 값은 표 4.2-4의 값 중 하나를 사용할 수 있다.

$$\epsilon_{c,d} = \frac{1.5F_{z,d}}{G \cdot A_r \cdot S} \quad (4.2-9)$$

이동효과로 감소된 유효평면적(A_r)은 다음과 같다.

$$A_r = A_1 \left(1 - \frac{v_{x,d}}{a'} - \frac{v_{y,d}}{b'} \right) \quad (4.2-10)$$

여기서, $F_{z,d}$ = 수직설계하중(kN)

A_r = 하중효과로 감소된 유효 평면적(mm²)

$v_{x,d}$ = 설계하중에 의한 받침의 a 방향으로의 최대 수평 상대변위(mm)

$v_{y,d}$ = 설계하중에 의한 받침의 b 방향으로의 최대 수평 상대변위(mm)

a' = 그림 4.2.1에서 a 방향 유효길이(mm)

b' = 그림 4.2.1에서 b 방향 유효길이(mm)

4.2.3.9 전단변형률

이동 변위로 인한 탄성중합체의 전단변형률 $\epsilon_{q,d}$ 는 다음과 같이 구할 수 있으며, 사용한계상태에서 0.7을 초과할 수 없고, 극한한계상태에서 1.0을 초과할 수 없다.

$$\epsilon_{q,d} = \frac{v_{xy,d}}{T_q} \quad (4.2-11)$$

여기서, $v_{xy,d} = v_{x,d}$ 와 $v_{y,d}$ 의 벡터합으로 계산되는 받침의 수평상대변위(mm)

T_q = 상하 덮개를 포함한 탄성중합체의 총 두께(mm)

4.2.3.10 각회전으로 인한 설계변형률

각회전으로 인한 설계변형률 $\epsilon_{\alpha,d}$ 은 다음의 식으로 계산된다.

$$\epsilon_{\alpha,d} = \frac{(a'^2 \cdot \alpha_{a,d} + b'^2 \cdot \alpha_{b,d}) t_i'}{2 \sum (t_i^3)} \quad (4.2-12)$$

여기서, $\alpha_{a,d}$ = 탄성받침의 나비 a를 가로지르는 회전각(rad)

$\alpha_{b,d}$ = 탄성받침의 길이 b를 가로지르는 회전각(rad)

t_i = 탄성중합체 각 층의 두께(mm)

t_i' = 탄성중합체 각 층의 가장 작은 두께(mm)

4.2.3.11 보강판 규정

적층탄성받침의 보강판 최소두께는 다음을 따른다.

$$t_s = \frac{1.3 F_{z,d} \cdot (t_1 + t_2) \cdot K_h}{A_r \cdot f_y} \quad \text{그리고 } t_s \geq 2 \text{ mm} \quad (4.2-13)$$

여기서, $F_{z,d}$ = 수직설계하중(kN)

A_r = 하중효과로 감소된 유효 면적(mm²)

t_1, t_2 = 내부보강판 양면에서의 탄성중합체의 두께(mm)

f_y = 보강판의 항복 응력(MPa)

K_h = 보강판의 인장응력을 고려하기 위한 계수

• 구멍이 없는 경우 : $K_h = 1$

• 구멍이 있는 경우 : $K_h = 2$

4.2.3.12 안정성

(1) 회전 안정성

회전 안정성은 4.2.3.13에 의한 총 수직변형 $\sum v_{z,d}$ 이 다음 조건을 만족하여야 한다.

① 직사각형 받침

$$\sum v_{z,d} - \frac{(a' \cdot \alpha_{a,d} + b' \cdot \alpha_{b,d})}{3} \geq 0 \quad (4.2-14)$$

② 원형 받침

$$\sum v_{z,d} - \frac{D' \cdot \alpha_d}{3} \geq 0 \quad (4.2-15)$$

여기서, D' = 받침의 유효직경(mm)

$\sum v_{z,d}$ = 총 수직변형(mm)

(2) 버클링 안정성

직사각형 받침의 버클링 안정성 검토를 위하여 압축응력($\frac{F_{z,d}}{A_r}$)이 식 (4.2-16)을 만족시켜야 한다. 이때 S_1 는 최소 두께의 탄성중합체 내부 층에 대한 형상계수이다. 원형 받침에 대해서는 식 (4.2-16)에서 a' 를 직경(D')으로 보고 검토할 수 있다.

$$\frac{F_{z,d}}{A_r} < \frac{2 \cdot a' \cdot G \cdot S_1}{3 T_e} \quad (4.2-16)$$

(3) 미끄럼 안정성

고정되지 않은 받침은 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

$$F_{xy,d} \leq \mu_e \cdot F_{z,d \min} \quad (4.2-17)$$

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

또한 고정하중에 해당하는 최소수직하중에 의한 압축응력이 3 MPa보다 커야 한다.

$$\sigma_{cd\min} = \frac{F_{z,d\min}}{A_r} \geq 3 \text{ (MPa)} \quad (4.2-18)$$

여기서, $F_{xy,d}$ = 모든 수평력의 합(N)

$F_{z,d\min} = F_{xy,d}$ 가 적용될 때 최소 수직설계하중(N)

μ_e = 마찰계수

$$\mu_e = 0.1 + \frac{1.5K_f}{\sigma_m} \quad (4.2-19)$$

K_f 는 콘크리트 표면은 0.6, 기타 표면은 0.2를 사용하며, σ_m 는 $F_{z,d\min}$ 가 작용하였을 때 평균 압축응력(MPa)이다.

4.2.3.13 구조물에 가해지는 힘, 모멘트, 변형

탄성받침으로 인해 구조물로 전달되는 힘, 모멘트, 변형에 대한 구조물의 안전성을 검토해야 한다.

(1) 접촉면에서의 압력

탄성받침으로 인해 구조물과 접촉면에서는 불균등 압력이 발생하지 않고 평균압력이 지지 재료의 강도를 초과하지 않아야 한다.

(2) 이동변위에 의해 구조물에 가해지는 힘

이동변위에 의해 구조물에 가해지는 힘($R_{xy,d}$)은 다음 식을 따른다.

$$R_{xy,d} = \frac{A \cdot G \cdot v_{xy,d}}{T_e} \quad (4.2-20)$$

여기서, $R_{xy,d}$ = 이동변위에 저항하는 힘의 합력(N)

A = 받침의 총 평면적(mm²)

G = 받침의 전단계수(MPa)

T_e = 전단에 유효한 받침 탄성중합체의 총 두께(mm)

(3) 회전저항에 의한 복원모멘트

탄성받침의 길이방향(b)에 평행한 회전에 의한 복원 모멘트는 다음의 식을 따른다. 이때 K_s 는 표 4.2-9를 따른다.

① 직사각형 받침

$$M_d = G \cdot \frac{\alpha \cdot a'^{5/3} \cdot b'}{n \cdot t_i^3 \cdot K_s} \quad (4.2-21)$$

② 원형 받침

$$M_d = G \cdot \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D'^6}{512 \cdot n \cdot t_i^3} \quad (4.2-22)$$

K_s 인자의 결정은 다음 표 4.2-9를 따른다.

표 4.2-9 복원 모멘트 계수

b/a	0.5	0.75	1	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5
K_s	137	100	86.2	80.4	79.3	78.4	76.7	75.3
b/a	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.5	10	∞
K_s	74.1	73.1	72.2	71.5	70.8	68.3	61.9	60

(4) 수직처짐

적층받침에서 총 수직처짐($v_{z,d}$)은 식 (4.2-23)과 같이 각각의 층에서의 수직처짐의 합으로 계산된다. 다만, 정밀한 값이 요구되는 경우에는 받침의 샘플을 조사하여 확인하도록 한다.

$$v_{z,d} = \sum \frac{F_{z,d} \cdot t_i}{A_1} \left(\frac{1}{5 \cdot G \cdot S_1^2} + \frac{1}{E_b} \right) \quad (4.2-23)$$

여기서, E_b 는 탄성중합체의 체적탄성계수로 일반적으로 2,000 MPa를 사용한다.

4.2.3.14 내진규정

- (1) 강재보강 탄성받침이 지진 발생 후에도 받침으로서의 성능을 발휘하기 위해서는 표 4.2-5의 C형 받침 형식과 같이 고무패드와 강판이 일체형으로 제작되어야 한다.
- (2) 강재보강 탄성받침을 지진격리받침과 함께 혼용하여 지진격리설계를 하는 경우에는 강성보강 탄성받침의 이동변위에 의한 최대전단변형률이 150%를 만족하여야 한다.

4.2.3.15 기타

탄성받침 제작 시 단일 고무층 내에 여러 장의 고무를 겹쳐서 가황하는 것을 금한다.

4.2.4 포트받침

4.2.4.1 설계일반

- (1) 포트받침은 극한한계상태, 사용한계상태, 피로한계상태에 대하여 안전성을 검토하여 설계되어야 한다.
- (2) 포트받침이 수평방향으로의 변위를 수용할 필요가 있을 때에는 4.2.6 미끄럼 요소와 결합될 수 있다.

4.2.4.2 재료

포트받침의 제작에 사용되는 재료들은 화학적, 물리적, 기계적 성질이 충분히 안정적이어야 하며, 아래의 요구조건들을 만족하여야 한다.

- (1) 탄성중합체는 천연고무(NR) 또는 합성고무(CR)를 사용하며, KS M ISO 6446 규정을 따른다.
- (2) 강재는 다음에 규정된 제품 규격 이상으로서, 설계하중을 고려하여 충분한 안전도가 확보되도록 선택해야 한다(KS D 3501, KS D 3503, KS D 3506, KS D 3512, KS D 3515, KS D 3698, KS D 3705)
- (3) 탄성패드와 포트 벽과 피스톤 사이로 돌출하는 것을 방지하기 위하여 고무판 둘레에 적절한 봉합 장치를 사용하여야 한다.
- (4) 윤활제는 포트받침의 다른 구성요소에 유해한 영향을 끼쳐서는 안 되며, 탄성중합체를 과도하게 팽창시켜서는 안 된다.

4.2.4.3 회전수용능력

(1) 회전한계

극한한계상태에서 포트받침에 발생하는 최대 회전각(α_{dmax})은 0.03 rad을 초과할 수 없으며, 활하중에 의한 회전각 변동($\Delta\alpha_{d2}$)은 0.005 rad을 초과하지 못한다.

- (2) 포트받침 및 포트받침과 접하는 구조물들은 탄성패드에 발생하는 최대 구속모멘트(M_{emax})와 피스톤과 포트벽의 마찰에 의한 모멘트($M_{\mu max}$)를 고려하여 설계하여야 한다. 이 때 피스톤과 포트벽과의 최대 마찰계수는 0.2를 사용한다.

(3) 기하학적 조건

포트받침은 하중이 가해진 상태에서 다음을 만족해야 한다.

- ① 피스톤과 탄성중합체의 접촉면 끝단은 포트 내부에 있어야 한다(그림 4.2-2에서 점 1).
- ② 포트벽 상부는 금속재료의 포트받침 구성요소와 접촉하지 않아야 한다(그림 4.2-2에서 점 2)

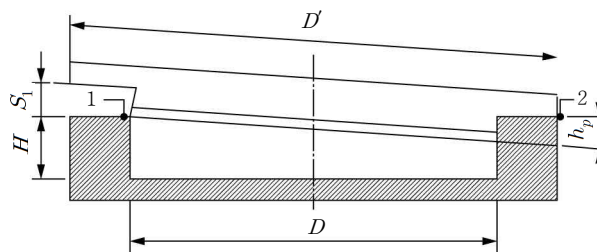


그림 4.2-2 받침의 회전 성능

4.2.4.4 수직처짐

받침의 압축강성은 인접한 구조물의 설계에 영향을 미치는 경우 시험을 통해 결정하여야 한다.

4.2.4.5 하중분산

하중 분산각은 45° 를 사용한다. 포트받침의 구성요소 및 재료의 특징을 고려하여 더 큰 하중 분산각을 사용할 수 있으나 60° 를 초과할 수 없다.

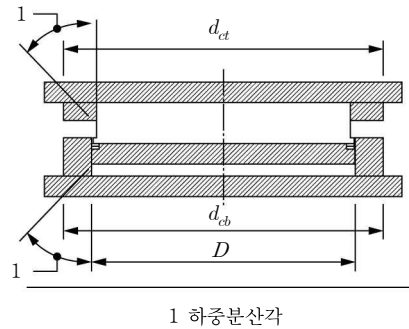


그림 4.2-3 구성요소에 의한 하중분산

4.2.4.6 탄성패드 설계

(1) 탄성패드의 최소두께는 다음의 식으로 구하며, $\frac{d}{15}$ 보다 작지 않아야 한다.

$$t_{\min} = 3.33 \times \alpha_{dmax} \times d \quad (4.2-24)$$

여기서, α_{dmax} = 설계최대 회전각(rad)

d = 탄성패드의 직경(mm)

(2) 탄성패드는 극한한계상태에서 다음 조건을 만족해야 한다.

$$N_{Sd} \leq N_{Rd} \quad (4.2-25)$$

N_{Rd} 는 탄성패드의 설계강도로 다음과 같다.

$$N_{Rd} = \frac{1}{1.3} \times \frac{\pi}{4} \times d^2 \times f_{e,k} \quad (4.2-26)$$

여기서, $f_{e,k}$ = 탄성중합체의 허용압축응력(60MPa)

4.2.4.7 포트 설계

(1) 포트는 탄성패드의 수평력과 수평외력에 안정적으로 거동하도록 설계되어야 한다.

(2) 극한한계상태에서 포트의 응력은 항복강도를 초과할 수 없다.

4.2.4.8 봉합링 설계

탄성패드가 피스톤과 포트의 벽 사이로 돌출되어 나오는 것을 방지하기 위하여 황동 등의 적절한 장치로 고무판의 원둘레를 봉합시켜야 한다.

4.2.4.9 피스톤과 포트 접촉부 검토

- (1) 접촉면은 평면 또는 곡면이다. 평면에서는 피스톤의 폭(w)이 15 mm 보다 작아야 한다(그림 4.2-4). 곡면에서는 접촉면의 반경 R (그림 4.2-5)은 $0.5 \times D$ 와 100 mm 중 큰 값 이상으로 한다.
- (2) 접촉면은 극한한계상태에서 아래 조건을 만족하도록 설계한다. V_{sd} 는 수평력(N), V_{Rd} 는 포트의 설계강도(N)로 접촉면에 따라 구분된다.

$$V_{sd} \leq V_{Rd} \quad (4.2-27)$$

① 평면 접촉면

$$V_{Rd} = \frac{f_y \times D \times w}{1.95} \quad (4.2-28)$$

여기서, D = 포트의 내부 직경(mm)

f_y = 재료의 항복 강도(MPa)

w = 피스톤 면의 폭(mm)

② 곡면 접촉면

$$V_{Rd} = \frac{8.8 \times f_y^2 \times R \times D}{E_d} \quad (4.2-29)$$

여기서, R = 접촉면의 반경(mm)

f_y = 재료의 항복 강도(MPa)

E_d = 포트의 탄성계수(MPa)

D = 그림 4.2-5 참고(mm)

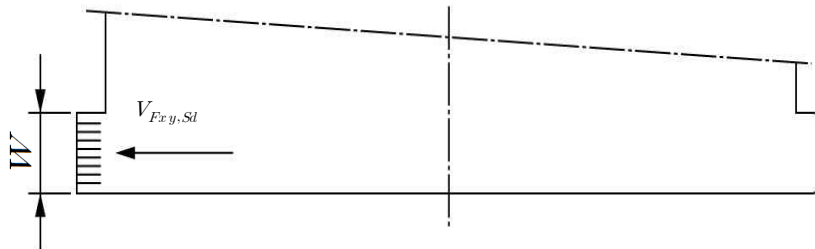


그림 4.2-4 직선 접촉면

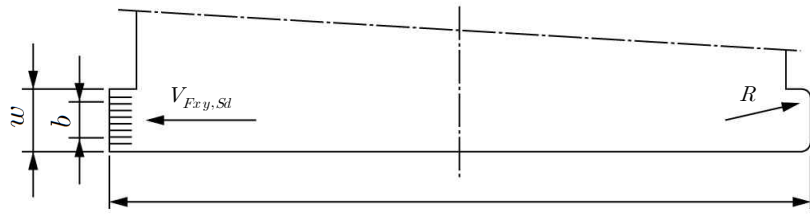


그림 4.2-5 곡선 접촉면

4.2.5 곡면의 미끄럼 면을 가진 받침

4.2.5.1 설계일반

- (1) 원통형 및 스페리컬 받침은 사용한계상태 및 피로한계상태에 대하여 안전성을 검토하여 설계되어야 한다.
- (2) 원통형 및 스페리컬 받침은 상하부 구조 간에 지정된 하중을 전달하고 회전성능을 만족할 수 있도록 설계되어야 한다.
- (3) 미끄럼요소의 설계는 4.2.6을 참고한다.

4.2.5.2 설계요건

- (1) 지지판은 다음의 치수 제한을 따른다.

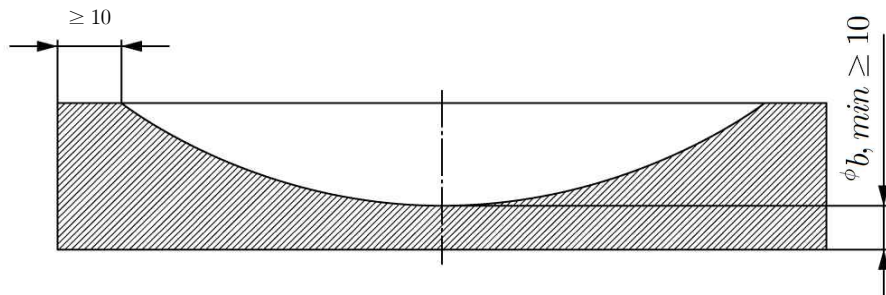
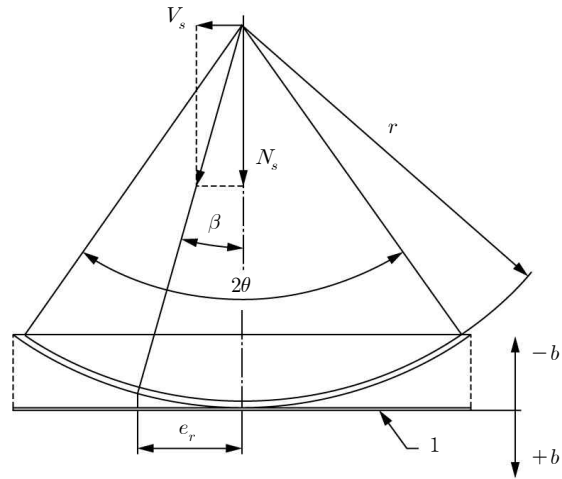


그림 4.2-6 오목한 면을 가진 지지판의 치수 제한

- (2) 원통형받침을 강제 링으로 고정하는 경우에는 4.2.4에서 포트 및 피스톤에 해당하는 규정을 따르도록 한다.

4.2.5.3 슬라이딩 곡면의 설계검토

- (1) 슬라이딩 곡면은 평면으로 투영하여 검토한다. 편심(e_t)은 수평력과 슬라이딩면에서의 저항력, 받침의 회전상태, 구속에 의한 2차 효과 등을 고려하여 결정한다.



범례 1) 슬라이딩 곡면의 평면 투영

그림 4.2-7 슬라이딩 곡면의 검토개요 (예시)

- (2) 사용한계상태에서 슬라이딩면은 접촉이 유지되어야 한다.
- (3) 극한한계상태에서 슬라이딩면은 식 (4.2-30)을 만족시키며, 편심(e_t)은 투영 면적 내에 위치하여야 한다.

$$N_{Sd} \leq \frac{f_k}{1.4} \times A_r \quad (4.2-30)$$

여기서, N_{Sd} = 극한한계상태에서의 설계축력(N)

f_k = PTFE 설계압축강도의 특성(표 4.2.14 참조)(MPa)

A_r = 슬라이딩면의 유효접촉면적(mm²)

4.2.6 받침 마찰요소의 설계

4.2.6.1 설계일반

마찰요소는 사용한계상태 및 피로한계상태에 대하여 안전성을 검토하여 설계되어야 한다.

4.2.6.2 마찰요소의 조합

마찰요소는 표 4.2-10의 재료들로 조합할 수 있으며, 한 종류의 조합만 허용된다. 미끄럼면은 윤활 처리 해야 한다.

표 4.2-10 마찰요소로 사용할 수 있는 가능한 재료 조합

평면		곡면		유도장치	
딤플 PTFE	스테인리스강	딤플 PTFE	스테인리스강	딤플 없는 PTFE	스테인리스강
			경질크롬		
			알루미늄		

4.2.6.3 변형 수용 능력

- (1) 마찰요소는 상부구조의 온도변화, 처짐, 콘크리트의 크리프 및 건조수축, 프리스트레스에 의한 부재의 탄성변형 등으로 인한 최대 이동을 충분히 수용할 수 있어야 한다.
- (2) 딴플 PTFE를 마찰요소로 사용하는 경우에는 요구하는 변형 수용능력을 유지하기 위하여 그림 4.2-8과 같이 딴플의 방향성을 고려하여 설치해야 한다.

4.2.6.4 마찰계수

- (1) 마찰요소가 적용된 받침 및 구조물의 검증 시 마찰계수는 다음을 따른다. 다만, 지진지역과 같이 높은 동적 거동을 보이는 구조물에 적용할 수 없으며, 마찰요소는 수평력의 지지에 사용할 수 없다.

표 4.2-11 마찰계수, μ_{max}

접촉응력 σ_p (MPa)	≤ 5	10	20	≥ 30
PTFE 딴플 / 스테인리스강 또는 경질 크롬판	0.08	0.06	0.04	0.03(0.025)*
PTFE 딴플 / 알루미늄 합금	0.12	0.09	0.06	0.045(0.038)*

* 곡면 슬라이딩 면인 경우

- (2) PTFE와 스테인리스강의 마찰재료로 조합된 유도장치의 경우, 마찰계수는 접촉압력에 무관하게 다음 값을 사용한다.

$$\text{PTFE} : \mu_{max} = 0.08 \quad (4.2-31)$$

4.2.6.5 재료

(1) PTFE

- ① PTFE의 원재료는 재생되거나 충전재 없이 순수 자유 소결된(free sintered) 폴리테트라플루오로에틸렌이다. PTFE의 기계적, 물리적 특성은 표 4.2-12에 주어진 요건을 만족해야 한다. 순PTFE가 아닌 PTFE를 사용하고자 하는 경우에는 적절한 성능평가 시험을 만족하는 것을 사용하도록 한다.

표 4.2-12 PTFE의 기계적, 물리적 특성

특성	시험기준	요건
밀도	KS M ISO 1183(전영역)	$\rho_p = 2140 \sim 2200 [kg/m^3]$
인장강도	KS M ISO 527-1 KS M ISO 527-3	$f_{ptk} = 29 \sim 40 [MPa]$
파단 신장률	KS M ISO 527-1 KS M ISO 527-3	$\delta_p \geq 300 [\%]$
구 경도	KS M ISO 2039-1	H132/60 = 23 ~ 33 [MPa]

② 덤플의 형상과 패턴은 그림 4.2-8을 따른다.

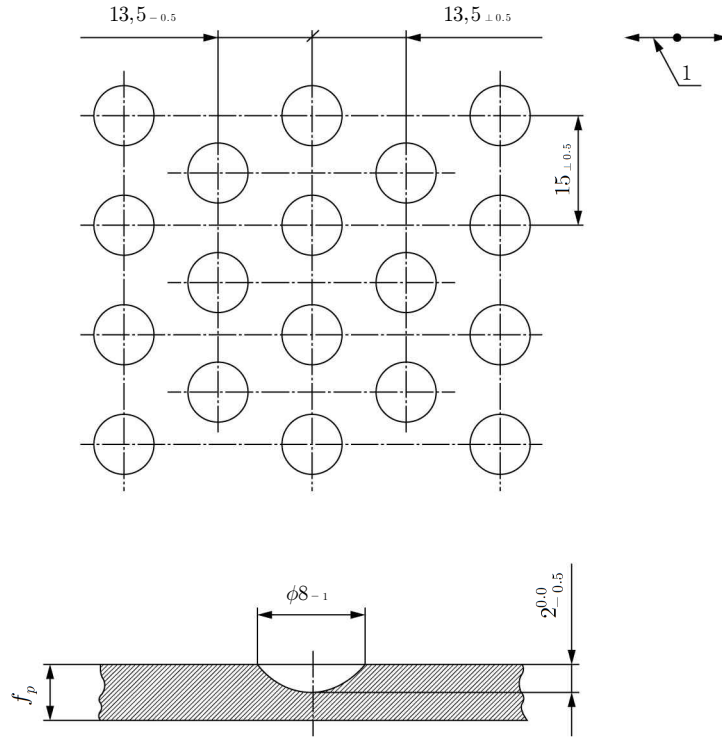


그림 4.2-8 덤플의 형상과 패턴

(2) 스테인리스 강

스테인리스강은 KS D ISO 16143-1의 1.4401 +2B 또는 1.4404 +2B를 사용한다. 표면처리 후 거칠기(R_{y5i})는 KS B ISO 4287에 따라 $1\mu m$ 를 초과할 수 없으며, 경도는 EN ISO 6507-2에 따라 150 HV1~220 HV1 범위 내여야 한다.

(3) 경질크롬 도금

- ① 경질 크롬으로 도금된 미끄럼면의 기질은 KS B 6952의 S355 J2G3인 철이거나, KS D ISO 9328-4 또는 KS D ISO 9328-6의 동등하거나 더 높은 등급을 가진 미립자 철이다.
- ② 표면은 균열, 공극이 없어야 하며, 미끄럼면의 기질 표면은 표면공극, 크리프, 건조수축이 발생하지 않아야 한다.
- ③ 도금된 면의 최종 표면 거칠기 R_{y5i} 는 KS B ISO 4287에 따라 $3\mu m$ 를 초과할 수 없다.
- ④ 최소두께는 $100\mu m$ 이상이어야 한다.

(4) 강재

KS B 6952에 따른 강판, KS D 4302에 따른 주철, KS D 4101에 따른 탄소강 주강, KS D 4103에 따른 스테인리스 강재를 사용한다.

(5) 알루미늄 합금

- ① 알루미늄 합금은 원통형이나 스페리컬 받침에서 볼록한 곡면판에만 사용할 수 있다. 합금은 KS D ISO 3522의 조건을 만족하는 AI-Mg6M 또는 AI-Si7MgTF를 사용한다.
- ② 곡면은 기계가공이 끝난 뒤에 산화피막처리 한다. 코팅의 최소 평균두께는 $15\mu m$, 최소 국부두께는 $14\mu m$ 이다.
- ③ 미끄럼면은 산화피막처리 후 표면 거칠기 R_{y5i} 가 KS B ISO 4287에 따라 $3\mu m$ 를 초과할 수 없다. 표면은 균열, 공극이 없어야 한다.

(6) 윤활제

- ① 윤활제의 목적은 PTFE의 마찰 저항과 마모를 줄이는 것이다. 윤활제는 규정된 온도 범위 내에서 그 속성을 유지해야 하며, 미끄럼 면에서 다른 재료를 수지화하거나 침범해서는 안 된다. 윤활제의 특성은 표 4.2-13과 같다.

표 4.2-13 윤활제의 물리적·화학적 특성

특성	시험기준	요건	
침입도	KS M ISO 2137	26.5 ~ 29.5	mm
적점	KS M ISO 2176	≥ 180	℃
오일분리(100℃에서 24시간 후)	—	≤ 3	% (mass)
내산화성 압력강화 (160℃에서 100시간 후)	—	≤ 0.1	MPa
지방산 유지의 유동점	KS M 2016	below -60	℃

(7) 접착제

- ① 접착제는 무용제(solvent free)로 하며, 스테인리스강이 상대 이동 없이 전단을 전달시키는 방식으로 지지판에 결합되도록 한다.
- ② 규정된 시험법에 따라 시험했을 때 겹침전단강도가 25 MPa 이상이어야 한다.

4.2.6.6 미끄럼요소 설계

PTFE는 그림과 같이 지지판의 움푹 파인 곳에 위치시킨다.

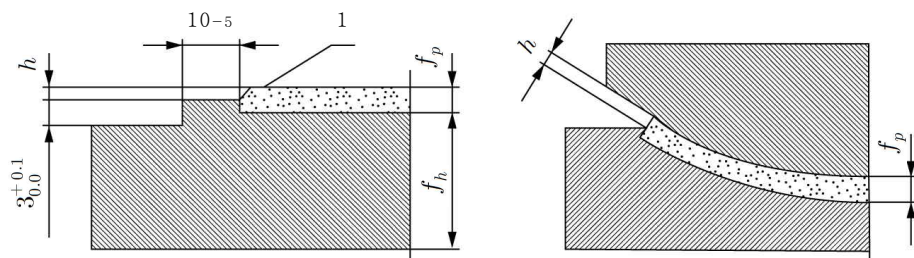


그림 4.2-9 PTFE 위치 상세

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

고정하중에 의해 압축응력이 5 MPa를 초과한다면 덤플의 패턴이 주 미끄럼 방향으로 정렬되게 설치하여 윤활제가 유지될 수 있도록 한다.

(1) 미끄럼요소에 대한 압축강도

30 ℃ 이하의 받침온도에서 미끄럼요소 압축강도는 표 4.2-14를 따른다. 받침온도가 30℃를 초과하는 경우 48℃까지 설계압축강도를 1 ℃당 2% 씩 감소시킨다.

표 4.2-14 미끄럼요소에 대한 압축강도 특성

재료	하중	f_k (MPa)
받침 표면을 위한 PTFE	고정하중 및 활하중	90
유도장치를 위한 PTFE	활하중	90
	온도, 건조수축, 크리프	30
	고정하중	10

(2) PTFE 최소두께

PTFE의 두께 t_p 와 돌출높이 h 는 하중을 가하지 않은 상태에서 다음을 만족시켜야 한다.

$$h = 1.75 + \frac{L}{1,200} \geq 2.2\text{mm} \quad (4.2-32)$$

$$2.2h \leq t_p \leq 8.0\text{mm} \quad (4.2-33)$$

여기서, L = PTFE의 직경(mm)

(3) 유도궤도

유도궤도는 활하중과 고정하중에 의한 수평력 V_d 에 저항하여야 한다. 미끄럼 요소는 키(key)와 키 홈(key way)에 고정되어야 하며, 미끄럼요소간의 틈 c 는 다음의 조건을 만족시켜야 한다.

$$c \leq 1.0\text{mm} + \frac{L}{1,000}\text{mm} \quad (4.2-34)$$

(4) 형상 규정

① 평면 PTFE

형상은 원형 또는 직사각형으로 한다. 이 때 동일한 모양을 갖는 단면으로 최대 4개까지 분할하여 구성할 수 있다.

PTFE를 분할된 단면으로 구성하는 경우에는 가장 짧은 변의 치수가 50 mm 이상이 되도록 하며, 개별 PTFE간의 거리는 지지판 두께와 접합면 두께 중 작은 값의 2배보다 클 수 없다.

② 곡면 PTFE

가. 미끄럼면이 원통일 때 사용되는 곡면 PTFE의 형상은 직사각형으로 한다. 이 때 2개의 동일한 모양을 갖는 분할된 단면을 사용할 수 있다.

나. 미끄럼면이 구형일 때 사용되는 곡면 PTFE의 형상은 원형으로 한다. 곡면 PTFE는 원판과 고리 형상으로 분할하여 구성할 수도 있다. 이때 원판의 직경은 1,000 mm 이상, 고리의 두께는 50 mm 이상으로 한다. 고리는 같은 크기를 갖도록 분할할 수 있다. 고리는 원판으로부터 10 mm 이하로 떨어져 있어야 한다.

③ 유도장치

유도장치에 사용되는 PTFE는 최소 두께가 5.5 mm이며, 하중이 제거된 상태에서 돌출높이는 $2.3 \text{ mm} \pm 0.2 \text{ mm}$ 이다.

4.2.6.7 스테인리스강 설계

- (1) 스테인리스강은 극한한계상태에서 PTFE의 최대 이동 변위를 수용할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (2) 스테인리스강의 최소 두께는 표 4.2-15를 따른다.

표 4.2-15 스테인리스강의 부착 방법 및 두께

평면 형식	부착방법	두께 (mm)
평면	평면 완전 부착	1.5
	연속적인 필렛 용접	≥ 1.5
	카운터펀치 나사	≥ 1.5
	나사가공, 리베팅	≥ 2.5
원통형	평면 완전 부착	≥ 2.5
	연속적인 필렛 용접	≥ 2.5
구형	평면 완전 부착	1.5
	직선 단부들에 대한 연속적인 필렛 용접	≥ 1.5

4.2.6.8 지지판(backing plate) 설계

- (1) 스테인리스강은 평면 또는 곡면의 금속 판으로 지지되어야 한다. 지지판 설계 시에는 다음의 사항들을 고려한다.
 - 변형, 수평하중으로 인한 내력과 모멘트를 함께 고려해야 할 경우 극한한계상태에 대한 검증
 - 단면 감소
 - 변형
 - 이동과 설치를 위해 요구되는 강성

(2) 받침판 변형

지지판의 전체 변형($\Delta w_1 + \Delta w_2$)은 식(4.2.35)을 만족시켜야 하며, 이 때 발생하는 응력은 탄성한계를 넘지 않아야 한다.

$$\Delta w_1 + \Delta w_2 \leq h(0.45 - 2\sqrt{h/L}) \quad (4.2-35)$$

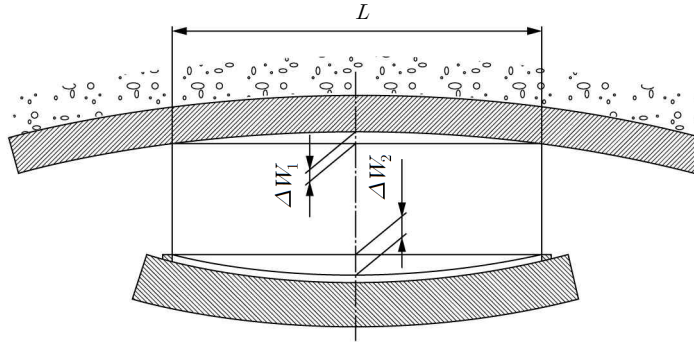


그림 4.2-10 지지판의 변형

(3) 받침판 두께

이동 및 설치 시 강성 확보를 위하여 지지판의 두께는 식 (4.2-36)을 만족하여야 한다.

$$\max(t_b \geq 0.04 \times \sqrt{a_b^2 + b_b^2}, 10 \text{ mm}) \quad (4.2-36)$$

여기서, a_b = 지지판의 단변(mm)

b_b = 지지판의 장변(mm)

4.2.6.9 설계검증

(1) 미끄럼면에 대한 설계 검증

미끄럼면은 유도장치를 제외하고 극한한계상태에서 압축응력 $\sigma_p \geq 0$ 조건을 만족하여야 한다. 이 경우 미끄럼요소는 선형 탄성체, 지지판은 강체로 가정한다.

(2) 압축응력 검토

미끄럼요소에 대한 조합이 표 4.2-10과 같은 경우 극한한계상태에서 아래 조건을 만족시켜야 한다.

$$N_{sd} \leq \frac{f_k}{1.4} \times A_r \quad (4.2-37)$$

여기서, N_{sd} = 극한한계상태에서의 작용 축력(N)

f_k = 압축강도(표 4.2.14)(MPa)

A_r = 미끄럼면의 유효 접촉면적(mm²)

직경이 100 mm 이상인 PTFE에서 접촉면적(A), 유효접촉면적(A_r)은 덩플 면적을 포함시키며, 직경이 100 mm 미만인 PTFE는 덩플 면적을 제외시킨다. 곡면의 경우는 4.2.5를 따른다.

4.2.6.10 마찰계수

미끄럼요소와 가이드는 평면이나 곡면 미끄럼면에서 최소한의 마찰로 이동할 수 있도록 한다. 미끄럼요소와 가이드의 성능은 규정된 재료로 조합된 표준화된 시편이 규정된 시험법에 따라 시험하였을 때 마찰계수가 성능평가시험에서 요구되는 마찰계수의 값을 초과하지 않을 때 적합하다고 간주된다.

(1) 단기마찰계수

단기마찰계수는 표 4.2-16에서 주어진 값을 초과해서는 안 된다.

표 4.2-16 평면 또는 곡면인 PTFE 시트의 단기마찰시험에 대한 최대마찰계수(접촉면: 경질크롬판, 스테인리스강, 알루미늄합금)

시험	온도	경질 크롬판, 스테인리스강				알루미늄 합금			
		$\mu_{s,1}$	$\mu_{dyn,1}$	$\mu_{s,T}$	$\mu_{dyn,T}$	$\mu_{s,1}$	$\mu_{dyn,1}$	$\mu_{s,T}$	$\mu_{dyn,T}$
C	+21℃	0.012	0.005	—	—	0.018	0.008	—	—
D	-35℃	0.035	0.02	—	—	0.053	0.038	—	—
E	0℃	0.018	0.012	—	—	0.027	0.018	—	—
E	-35℃	—	—	0.018	0.012			0.027	0.018

$\mu_{s,1}$: 첫 번째 사이클에서 정적마찰계수

$\mu_{dyn,1}$: 첫 번째 사이클에서 동적마찰계수

$\mu_{s,T}$: 이후 사이클에 대한 정적마찰계수

$\mu_{dyn,T}$: 이후 사이클에서 동적마찰계수

(2) 장기마찰계수

미끄럼요소를 조합한 경우의 장기마찰계수는 표 4.2-17, 표 4.2-18에서 주어진 값을 초과해서는 안 된다.

표 4.2-17 평면 PTFE 시트의 장기마찰시험에 대한 최대마찰계수(접촉면: 스테인리스강)

온도	전체 슬라이딩 거리			
	5,132 m		10,242 m	
	$\mu_{s,T}$	$\mu_{dyn,T}$	$\mu_{s,T}$	$\mu_{dyn,T}$
-35℃	0.030	0.025	0.050	0.040
-20℃	0.025	0.020	0.040	0.030
0℃	0.020	0.015	0.025	0.020
+21℃	0.015	0.010	0.020	0.015

$\mu_{s,T}$ 와 $\mu_{dyn,T}$ 는 해당 온도에서의 정적 및 동적 마찰계수이다.

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

표 4.2-18 곡면 PTFE 시트의 장기마찰시험에 대한 최대마찰계수
(접촉면 : 경질크롬판, 스테인리스강, 알루미늄 합금)

온도	전체 슬라이딩 거리 2,066 m			
	스테인리스강, 경질 크롬판		알루미늄 합금	
	$\mu_{s,T}$	$\mu_{dyn,T}$	$\mu_{s,T}$	$\mu_{dyn,T}$
-35℃	0.030	0.025	0.045	0.038
-20℃	0.025	0.020	0.038	0.030
0℃	0.020	0.015	0.030	0.022
+21℃	0.015	0.010	0.022	0.015

4.2.7 연결 이음부 설계

4.2.7.1 상부구조 및 하부구조와의 앵커부 설계

상하부구조와의 연결을 위한 앵커 볼트를 설계할 때에는 수평력과 수직력 뿐만 아니라 이들로 인해 발생하는 모멘트도 고려하여 사용한계상태를 만족하여야 한다.

앵커볼트의 허용응력은 표 4.2-19와 같다.

표 4.2-19 앵커볼트의 허용응력(MPa)

	SS400	SM35C	SM45C
앵커볼트	60	80	80

4.2.7.2 볼트 이음부 설계

- (1) 볼트 이음은 마찰이음으로 하며 볼트 허용력은 표 4.2-20과 같다.
- (2) 마찰이음에 쓰이는 볼트, 너트 및 와서는 KS B 1010에 규정된 제 1종 및 제 2종의 M20, M22, M24를 사용하는 것을 표준으로 한다.

표 4.2-20 마찰이음용 고장력볼트의 허용력(kN) (1볼트 1마찰면마다)

나사호칭 \ 볼트의 등급	F8T	F10T	S10T
M20	31	39	39
M22	39	48	48
M24	45	56	56

- (3) 볼트의 길이는 부재를 충분히 체결할 수 있도록 선택하여야 한다.
- (4) 고장력 볼트 설계는 다음에 의한다.
 - ① 축방향력 또는 전단력을 받는 판을 연결하는 경우의 볼트는 식 (4.2-38)을 만족하여야 한다.

$$\rho = \frac{P}{n} \leq \rho_a \quad (4.2-38)$$

여기서, ρ = 볼트 1개에 작용하는 힘(kN)

ρ_a = 볼트 1개의 허용력(kN)

P = 축방향력(kN)

n = 볼트의 개수

② 휨모멘트가 작용하는 판을 연결하는 경우의 볼트는 식 (4.2-39)를 만족하여야 한다.

$$\rho = \frac{M}{\sum y_i^2} y_i \leq \frac{y_i}{y_n} \rho_a \quad (4.2-39)$$

여기서, ρ = 볼트 1개에 작용하는 힘(kN)

ρ_a = 볼트 1개의 허용력(kN)

M = 휨모멘트(kN-mm)

y_i = 볼트로부터 중심축까지의 거리(mm)

$\sum$ = 집합선의 한쪽 편에 있는 볼트군의 집합

y_n = 가장자리의 볼트의 중심축으로부터의 거리. 다만 연결부의 플랜지를 볼트로 연결한 경우에는 중심축으로부터 플랜지의 압축면 또는 인장면까지의 거리(mm)

③ 축방향력, 휨모멘트 및 전단력이 함께 작용하는 판을 연결할 경우의 볼트는 식 (4.2-40)을 만족하여야 한다.

$$\sqrt{(\rho_p + \rho_m)^2 + \rho_s^2} \leq \rho_a \quad (4.2-40)$$

여기서, ρ_p = 축방향력에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_m = 휨모멘트에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_s = 전단력에 의한 볼트 1개의 작용력(kN)

ρ_a = 볼트 1개의 허용력(kN)

(5) 볼트의 최소 중심 간격은 표 4.2-21에 표시한 값을 표준으로 한다. 다만, 부득이한 경우에는 볼트지름의 3배까지 작게 할 수 있다.

표 4.2-21 볼트의 최소 중심간격(mm)

볼트의 호칭	최소중심간격
M24	85
M22	75
M20	65

(6) 볼트의 최대 중심 간격은 표 4.2-22에 표시한 값 중에서 작은 것을 택하여야 한다.

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

표 4.2-22 볼트의 최대 중심간격(mm)

볼트의 호칭	최대 중심간격		
	p		g
M24	170	$12t$ 지그재그인 경우 : $15t - \frac{3}{8}g$ 다만, $12t$ 이하	$24t$ 다만, 300 이하
M22	150		
M20	130		

여기서, t = 외측의 판 또는 형강의 두께(mm)

p = 볼트의 응력방향의 간격(mm)

g = 볼트의 응력에 직각방향의 간격(mm)

(7) 볼트구멍 중심으로부터 연단까지의 최소거리는 표 4.2-23에 표시한 값으로 한다.

표 4.2-23 볼트구멍의 중심에서 판의 연단까지의 거리

볼트의 호칭	최소연단거리 (mm)	
	전단연, 수동가스절단연	압연연, 다듬질연, 자동가스 절단연
M24	42	37
M22	37	32
M20	32	28

(8) 볼트구멍 중심으로부터 연단까지의 최대거리는 표면의 판 두께의 8배로 한다. 다만, 150 mm를 넘어서는 안 된다.

(9) 이음에서는 한 볼트무리로서 2개 이상의 고장력 볼트를 사용하여야 한다.

(10) 반복해서 인장력을 받게 되는 볼트 접합부의 공용하중으로 인한 인장력 및 프라인력의 합에 의한 볼트의 인장응력은 다음의 값을 초과하지 않아야 한다. 인장응력 산정시 공칭직경을 적용하며, 프라인력은 공용하중의 60%를 초과하지 말아야 한다. 여기서 프라인력이란 볼트 연결부에서 작용력의 편심으로 연결판의 변형이 발생할 수 있으며 이 때 연결부에 추가적으로 작용하게 되는 인장력을 말한다.

표 4.2-24 반복 인장력을 받는 볼트의 피로(MPa)

반복 횟수	F8T	F10T	S10T
2만회 이상	260	330	330
2만회 이상 50만회 이하	240	300	300
50만회 이상	190	230	230

4.2.7.3 용접 이음부 설계

소울플레이트와 상부구조 용접 이음부를 검토할 때는 E등급 기준을 적용하고 기타 용접 이음부는 KDS 14 31 20을 참조하도록 한다.

4.3 적층고무형 지진격리받침

4.3.1 설계일반

- (1) 지진격리받침은 이 절에서 제시하는 규정을 만족하도록 설계되어야 한다.
- (2) 교량 구조물이 한계상태 설계법에 의해 설계되면 극한한계상태에서 지진격리받침의 강도와 안정성도 극한설계하중과 변위에 적절하게 견딜 수 있어야 한다.

4.3.2 압축특성과 전단특성

- (1) 지진격리받침의 설계응력과 변형률은 설계력과 설계변위를 이용하여 다음과 같이 정의된다.

$$\sigma_0 = \frac{P_0}{A}, \sigma_{\max} = \frac{P_{\max}}{A_e}, \sigma_{\min} = \frac{P_{\min}}{A} \quad (4.3-1)$$

$$\gamma_0 = \frac{X_0}{T_r}, \gamma_{\max} = \frac{X_{\max}}{T_r} \quad (4.3-2)$$

- (2) 지진격리받침에 대한 설계압축력 P_0 , $P_{\max}$, $P_{\min}$, 그리고 설계전단변위 X_0 , $X_{\max}$ 는 구조 기술자가 지정해야 한다.
- (3) 적층고무 지진격리받침의 수직 압축강성은 다음과 같이 표현된다.

$$K_V = \frac{E_c \cdot A}{T_r} \quad (4.3-3)$$

여기서 E_c 를 결정하는 데에는 이미 몇 가지의 이론식 혹은 실험식이 알려져 있다.

- (4) 적층고무 지진격리받침의 수평 전단강성은 다음과 같이 표현된다.

$$K_h = G \frac{A}{T_r} \quad (4.3-4)$$

- (5) 만약 전단변형률 γ 와 전단탄성계수 G 의 관계가 선형적으로 표현할 수 없다면 수평 전단강성은 다음과 같이 표현된다.

$$K_h = G_{eq}(\gamma) \frac{A}{T_r} \quad (4.3-5)$$

이때 $G_{eq}(\gamma)$ 는 전단변형률의 함수로서 실험에 의한 실측데이터로부터 결정해야 한다.

그리고 등가감쇠비는 KDS 24 17 11(2.7.7.1)에 따라 주어진다.

4.3.3 설계 요구조건

- (1) 지진격리받침의 설계는 탄성중합체가 점탄성재료이며, 압축하중 상태에서 받침의 변형이 받침 형상에 영향을 받는다는 것을 기본으로 하고 있다. 받침에서의 보강판은 보강판과 탄성중합체의 접촉면에서 상대 이동이 발생하지 않도록 탄성중합체에 화학적으로 부착되어야 한다.
- (2) 설계하고자 하는 모든 적층고무형 지진격리받침은 다음의 조건을 만족하여야 한다.

4.3.3.1 수평 변형에 의한 전단변형율

- (1) 지진격리받침은 풍하중, 원심력, 제동력, 온도변위에 의한 하중을 포함하는 모든 상시 수평력 조합에 안정적으로 거동하도록 설계되어야 한다.
- (2) 지진격리받침 탄성중합체의 최대전단변형율은 상시 70%, 지진 시 200% 이내이어야 한다.

$$\text{상시} : \gamma_s = \frac{X_s}{T_r} \leq 70\% \quad (4.3-6)$$

$$\text{지진 시} : \gamma_s = \frac{X_d}{T_r} \leq 200\% \quad (4.3-7)$$

4.3.3.2 총 전단변형율

- (1) 압축력에 의한 국부 전단변형율은 다음과 같이 계산한다.

$$\text{직사각형 지진격리장치} : \gamma_c = \frac{8.5 \cdot S_1 \cdot P_{\max}}{E_c^s \cdot A_e} \quad (4.3-8)$$

$$\text{원형 지진격리장치} : \gamma_c = \frac{6.0 \cdot S_1 \cdot P_{\max}}{E_c^s \cdot A_e} \quad (4.3-9)$$

단, E_c^s 는 1차 형상계수 S_1 이 8보다 작을 경우 근삿값으로서 E_{ap} 를 사용할 수 있으며, S_1 이 8보다 큰 경우에는 정확한 전단변형율을 얻기 위해 고무층 내부에서의 전단변형율 해석을 실시한다. S_1 이 15보다 클 경우에는 근사적인 방법으로서 $E_c^s = E_c$ 로 놓고 계산한 γ_c 와 $E_c^s = E_{ap}$ 로 놓고 계산한 γ_c 를 다음과 같이 가중 평균한 값을 사용할 수 있다.

$$\gamma_c = \frac{\gamma_c(E_c^s = E_c) + 3\gamma_c(E_c^s = E_{ap})}{4} \quad (4.3-10)$$

- (2) 회전에 의한 국부 전단변형율은 다음과 같이 계산한다.

$$\text{직사각형 지진격리장치} : \gamma_r = \frac{a^2 \cdot \theta_a + b^2 \cdot \theta_b}{2t_r^2 n} \quad (4.3-11)$$

$$\text{원형 지진격리장치} : \gamma_r = 6.0 \cdot S_1^2 \cdot \theta / n \quad (4.3-12)$$

(3) 수평변위, 압축력, 회전에 의한 총 전단변형율은 다음과 같이 검토한다.

$$\sum \gamma = \gamma_c + \gamma_s + \gamma_r \leq \gamma_a \quad (4.3-13)$$

여기서, 허용 총 전단변형율 γ_a 는 고무의 종류와 시험편에 따라 다음 표의 값을 사용한다.

표 4.3-1 고무의 허용 총 전단변형율

종류		전단계수 (G, MPa)		
		0.8	1.0	1.2
고감쇠 고무 (HDR)	모우드 시험편	4.3	4	3.6
	지진격리받침에서 잘라낸 시험편	4	3.6	3.3
저감쇠 클로로프렌 고무	모우드 시험편	3	1.5	3
	지진격리받침에서 잘라낸 시험편	2.6	2.6	2.6
천연고무(LNR), 납삽입 받침(LRB)	모우드 시험편	3.6	3.6	3.3
	지진격리받침에서 잘라낸 시험편	3.3	3.3	3

4.3.3.3 회전 성능

받침의 부가되는 압축력과 회전력의 조합에 의한 회전 성능은 다음을 만족하여야 한다.

$$\text{직사각형 지진격리장치} : \frac{1}{C_1} \frac{P}{K_V} \geq \frac{(a \cdot \theta_a + b \cdot \theta_b)}{2} \quad (4.3-14)$$

$$\text{원형 지진격리장치} : \frac{1}{C_1} \frac{P}{K_V} \geq \frac{d_o \cdot \theta}{2} \quad (4.3-15)$$

여기서, C_1 은 압축강성 K_V 의 불확실성을 고려하기 위한 안전계수로서 1.3을 사용한다.

4.3.3.4 좌굴 검토

지진격리받침이 상시와 지진 시의 수직압축하중에 의해 좌굴 가능성이 있는지 다음 식으로 검토한다.

$$\text{직사각형 지진격리장치} : \frac{P_{\max}}{A_e} \leq \frac{1}{\varphi} \cdot \frac{a_e \cdot G \cdot S_1}{T_r} \quad (4.3-16)$$

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

$$\text{원형 지진격리장치} : \frac{P_{\max}}{A_e} \leq \frac{1}{\varphi} \cdot \frac{d_o \cdot G \cdot S_1}{T_r} \quad (4.3-17)$$

여기서, φ 는 상시에 2.5, 지진 시에 1.5이다.

4.3.3.5 최대압축응력

지진격리받침에 작용하는 최대압축응력은 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$\sigma_{\max} = \frac{P_{\max}}{A_e} \quad (4.3-18)$$

표 4.3-2 최대압축응력

1차 형상계수 S_1	최대압축응력 (MPa)
$S_1 < 8$	8
$8 \leq S_1 < 12$	S_1
$12 \leq S_1$	12

4.3.3.6 부반력으로 인한 안정성 검토

지진격리받침에 작용하는 부반력에 의한 인장응력은 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$\sigma_t = \frac{V}{A_e} \leq \sigma_{te} \quad (4.3-19)$$

표 4.3-3 허용인장응력

구분	허용인장응력	
상시	$\sigma_{te} = 0MPa$	
지진 시	$G = 0.8MPa$ 일때	$\sigma_{te} = 1.6MPa$
	$G \geq 1.0MPa$ 일때	$\sigma_{te} = 2.0MPa$

4.3.4 지진격리받침의 성능확인

(1) 지진격리받침은 설계 시 상정한 성능기준과 품질기준을 확보하고 있는지 확인하기 위하여 다음의 시험을 행한다.

- ① 성능시험 : 온도의존성, 주기의존성, 압축피로, 전단피로 시험 등을 통하여 해당 지진격리받침이 신뢰할 수 있는 성능을 가지고 있는지 확인한다.
- ② 원형시험 : 설계와 해석에 사용되는 지진격리받침의 주기특성과 감쇠특성 등의 성능은 원형 혹은 축소모형시험에 의해 확인한다.
- ③ 품질시험 : 해당 지진격리받침이 품질기준을 만족하고 있는지 전수 시험을 실시한다.

- (2) 지진격리받침의 축소모형 및 시험에 대한 세부사항은 국내외에서 인정되고 있는 지진격리장치 관련 규준에 따른다.

4.3.5 품질 기준

지진격리받침과 그 재료는 화학적, 물리적, 기계적 성질이 충분히 안정적이어야 하며, 전수 품질 시험을 실시하여 다음의 조건을 만족하여야 한다.

- (1) 전수의 지진격리받침을 대상으로 측정한 평균 유효강성은 설계값의 $\pm 10\%$ 이내이어야 하고, 각각의 유효강성은 설계값의 $\pm 20\%$ 이내이어야 한다. 또한, 평균 EDC 값은 설계값의 -15% 이상이어야 하고 각각의 EDC 값은 설계값의 -25% 이상이어야 한다.

표 4.3-4 지진격리받침 유효강성과 EDC의 품질 기준

	k_{eff}	EDC
개체차	$\pm 20 \%$	-25%
평균값	$\pm 10 \%$	-15%

- (2) 성능시험에서 얻은 지진격리장치 특성의 변동 가능성과 품질시험에서 얻은 설계값과의 편차로 인해 교량의 지진응답은 설계값과 달라질 수 있다. 이러한 응답변화가 적정한지 검토하고자 할 경우에는 시험에서 얻은 지진격리장치 특성의 변동 가능범위를 지정하고 그 범위의 상한값과 하한값에 대해 각각 지진응답해석을 수행한다. 응답의 변화가 교량 안전성에 영향이 없거나 설계응답으로부터 $\pm 15\%$ 범위 이내이면 적정한 것으로 본다.
- (3) 지진격리받침의 유효강성 및 등가감쇠비는 지진설계변위에 의한 연속반복재하에 대해 안정적이어야 한다.
- (4) 지진격리받침은 원칙적으로 지진 후에 교량의 기능에 악영향을 주는 잔류변위가 발생하지 않도록 설계해야 한다.
- (5) 지진격리받침의 유효강성 및 등가감쇠비는 발생할 수 있는 온도범위에서 안정적으로 표 4.3-4를 만족하도록 유지되어야 한다.
- (6) 지진격리받침은 지진설계변위 범위에서는 항상 양의 접선강성을 가져야 한다.

4.4 방호울타리

4.4.1 일반 사항

교량용 방호울타리는 그 사용 목적에 따라 난간, 차량방호울타리 및 난간겸용차량방호울타리로 구분된다. 교량용 방호울타리는 기능, 경제성, 시공조건, 미관 및 유지관리 등을 충분히 감안하여 설치목적 및 설치장소에 부합될 수 있도록 설치하여야 한다.

4.4.2 설치

(1) 보차도의 구별이 있는 경우

도심하천상의 교량 등과 같이 교면상 보도와 차도의 구별이 있는 경우에는 보차도의 경계부 연석 위에 차량방호울타리를 설치하고, 교량의 최외측 단부 연석 위에는 난간을 각각 설치하도록 한다. 단, 기존의 교량 등에 보도 등의 폭이 좁아서 보차도 경계부에 차량방호울타리를 설치하면 보행자 등의 통행을 방해할 우려가 있는 경우에는 최외측 단부 연석에 난간겸용차량방호울타리를 설치하는 것으로 한다.

(2) 보차도의 구별이 없는 경우

도시고가도로 같은 자동차 전용교 또는 보도나 차도의 구별이 없는 교량에 대해서는 교량의 최외측 단부에 반드시 차량방호울타리 또는 난간겸용차량방호울타리를 설치하도록 한다.

4.4.3 난간

(1) 난간은 보도 등의 노면에서 1,100 mm 이상의 높이로 설치하는 것을 원칙으로 하고 그 측면에 도심도로상에는 3.75 kN/m, 일반도로상에는 2.5 kN/m의 수평력이 직각으로 상단부에 작용하는 것으로, 난간 정상부 윗면에 수직력 1.0 kN/m가 작용하는 것으로 설계한다. 이 경우에는 수평력 및 보도 등의 등분포 하중의 조합에 대한 바닥판의 내하력과 안전성을 검토하여야 한다. 이때, 허용응력은 증가시키지 않는다.

(2) 난간의 부재는 유아가 빠지지 않을 정도의 간격을 유지하여야 한다.

4.4.4 차량방호울타리

(1) 차량방호울타리에 대해서는 다음의 사항을 충분히 고려하여 국내외의 공인된 표준설계지침에 따라 설계하되 최소높이는 650 mm로 한다.

- ① 방호울타리에 차량이 충돌할 때의 탑승자의 보호
- ② 충돌 인접지역 주행차량의 보호
- ③ 교면 위나 교량 밑의 인명 및 재물의 보호
- ④ 향후 방호울타리의 개선 가능성
- ⑤ 방호울타리의 비용효과
- ⑥ 외관 및 주행 중 전망가시성

(2) 특히 미관을 위해 표준설계지침에 제시된 구조제원과 다른 차량용 방호울타리를 설치할 수 있으며 이 경우에도 표준설계지침의 설계 조건을 만족하도록 설계해야 한다. 단, 강성방호울타리에 대해서는 이 규정을 적용하지 않는다.

(3) 차량방호울타리의 차도측 레일면은 원칙적으로 매끈하며 연속적이어야 한다. 또한 차량방호울타리의 레일면은 지주보다 앞으로 나와 있는 돌출형으로 하는 것을 원칙으로 한다.

- (4) 차량방호울타리의 상세설계에서는 충격에너지를 흡수할 수 있는 연성파괴가 일어날 수 있도록 보강철근이나 강재를 연결부에 확실하게 정착시켜야 한다.

4.4.5 난간겸용차량방호울타리

난간겸용차량방호울타리는 난간 및 차량방호울타리의 기능을 동시에 갖춘 방호울타리로서 난간 및 차량방호울타리의 설계 조건을 각각 만족하도록 설계해야 한다.

4.4.6 차량방호울타리 및 난간겸용차량방호울타리에 충돌하는 차량이 바닥판에 미치는 영향

- (1) 전용차도의 연석 위에 설치하는 경우

차량방호울타리를 전용차도의 연석 위에 설치하는 경우, 지주식의 경우에는 지주 최하단 단면에 대한 지주의 저항모멘트를 지주 간격으로 나눈 값이 바닥판에 균등하게 단모멘트로서 작용하는 것으로 본다. 철근콘크리트 벽식인 경우에는 벽하단의 설계에 사용한 작용모멘트를 그대로 바닥판의 단모멘트로서 가산하도록 한다.

- (2) 보차도 경계부 바닥판에 직접 설치하는 경우

차량방호울타리를 보차도 경계부 바닥판에 직접 설치하는 경우, 지주의 정착부는 충돌에 의한 작용모멘트가 바닥판에 분산되어 작용하는 구조로 하여야 한다. 이 경우 바닥판의 작용모멘트는 연석에 설치하는 경우와 같이 바닥판에 단모멘트로 하여 가산하도록 한다.

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

집필위원	분야	성명	소속	직급
	총괄	길홍배	한국도로공사	수석연구원
	기타시설	김영진	한국건설기술연구원	선임연구원
	내진설계	김태훈	삼성물산	부장
	총괄	김호경	서울대학교	교수
	하중	박원석	목포대학교	교수
	하부구조	박재현	한국건설기술연구원	연구원
	총괄	백인열	가천대학교	교수
	총괄	손윤기	엔비코컨설팅트	전무
	강교	신동구	명지대학교	교수
	총괄	이지훈	서영엔지니어링	전무
	총괄	조경식	디엠엔지니어링	부사장
	콘크리트교	조재열	서울대학교	교수
	총괄	하동호	건국대학교	교수
	하중	황의승	경희대학교	교수

자문위원	분야	성명	소속
	총괄	고현무	서울대학교
	하중	권순덕	전남대학교
	콘크리트교	김병석	한국건설기술연구원
	하중	김우종	디엠엔지니어링
	총괄	박찬민	코비코리아
	총괄	서석구	서영엔지니어링
	총괄	이상호	연세대학교
	내진설계	이재훈	영남대학교
	하중	이해성	서울대학교
	강교	최동호	한양대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	교량	김성일	한국철도기술연구원
	교량	김지상	서경대학교
	교량	홍현석	평화엔지니어링
	교량	최석환	국민대학교
	교량	배두병	국민대학교
	교량	정상섬	연세대학교

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이상민	비앤티엔지니어링(주)
	이희엽	한국철도기술연구원
	이상희	(주)이디시엠
	박성윤	대림산업
	노성열	동부엔지니어링
	박구병	한국시설안전공단
	김태진	창민우구조건설턴트

국토교통부	성명	소속	직책
	김인	국토교통부 간선도로과	과장
	고용석	국토교통부 철도건설과	과장
	최규용	국토교통부 간선도로과	사무관
	임승규	국토교통부 철도건설과	사무관

설계기준

KDS 24 90 11 : 2016

교량 기타시설설계기준(한계상태설계법)

2016년 6월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국도로협회

13647 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26, 8층 한국도로협회

☎ 02-3490-1000 E-mail : off@kroad.or.kr

<http://www.kroad.or.kr>

(작성기관) 한국교량및구조공학회

08826 서울시 관악구 관악로1 서울대학교 316동 410호 한국교량및구조공학회

☎ 02-871-8395 E-mail : kibse@kibse.or.kr

<http://www.kibse.or.kr>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

<http://www.kcsc.re.kr>